



TUGAS AKHIR - SS141501

**MEASSUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY
DAN REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) PADA ALAT
VICKERS HARDNESS TESTER DI PT JAYKAY FILES
INDONESIA**

**SIGIT BUDIANTONO
NRP 1314 105 056**

**Dosen Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih MT
Diaz Fitra Aksioma M.Si.**

**PROGRAM STUDI S1
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT - SS141501

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY
AND REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) VICKERS
HARDNESS TESTER TOOL IN PT JAYKAY FILES
INDONESIA**

**SIGIT BUDIANTONO
NRP 1314 105 056**

**Supervisor
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih MT
Diaz Fitra Aksioma M.Si.**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY DAN REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) PADA ALAT VICKERS HARDNESS TESTER DI PT JAYKAY FILES INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada

Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SIGIT BUDIANTONO

NRP. 1314 105 056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih MT
NIP. 19610311 198701 2 001

Diaz Fitra Aksioma M.Si
NIP. 19870602 201212 2 002

(.....)

(.....)

Mengetahui

Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS



Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001
SURABAYA, JULI 2016

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY
DAN REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) PADA ALAT
VICKERS HARDNESS TESTER DI PT JAYKAY FILES
INDONESIA**

Nama Mahasiswa : Sigit Budiantono
NRP : 1314 105 056
Jurusan : Statistika
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih MT
Diaz Fitra Aksioma M.Si.

Abstrak

PT Jaykay Files Indonesia merupakan salah satu produsen pembuat alat perkakas kualitas dunia, yang mempunyai beragam jenis produk seperti files, cutting tools dan lain sebagainya. Salah satu produk yang paling banyak diproduksi yaitu kategori cutting tools jenis drills. Dalam proses produksi drills alur pembuatan masih didominasi oleh tenaga kerja manusia dan alat bantu produksi seperti vickers hardness tester telah berusia tua (± 10 tahun) dan mengalami penurunan fungsi sehingga menghasilkan kualitas produk yang kurang memuaskan. Oleh karena itu ingin diketahui apakah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran drills test block dan sistem pengukuran (measurement system) telah acceptable atau tidak. Dengan menggunakan data hasil pengukuran kekerasan terhadap tiga jenis drills test block yang dilakukan oleh tiga inspektor diperoleh hasil bahwa faktor drills test block, inspektor dan interaksi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengukuran serta hasil analisis gauge R&R bahwa sistem pengukuran di PT Jaykay Files Indonesia unacceptable.

Kata kunci: *drills test block, gauge R&R , inspektor, vickers hardness tester*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY
AND REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) VICKERS
HARDNESS TESTER TOOL IN PT JAYKAY FILES
INDONESIA**

Student Name : Sigit Budiantono
NRP : 1314 105 056
Departement : Statistics
Supervisor : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih MT
Diaz Fitra Aksioma M.Si.

Abstract

PT Jaykay Files Indonesia is one manufacturer of quality tooling tool in the world, who have various types of products such as files, cutting tools and so forth. One of the most widely produced products is the category cutting tools type of drills. In the production process drills creation flow is still dominated by human labor and production tools like vickers hardness tester old age (± 10 years) and decreased function so as to produce quality products that are less than satisfactory. Therefore we want to know whether the factors that affect the measurement results drills block test and measurement systems was acceptable or not. By using the measured data of violence against three types of drills test block conducted by three inspectors showed that the factor drills test block, inspectors and interactions have a significant influence on the results of measurement and analysis results gauge R & R that the measuring system in PT Jaykay Files Indonesia unacceptable.

Keyword: *drills test block, gauge R&R, inspektor, vickers hardness tester*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
<i>TITLE PAGE</i>.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rancangan Percobaan	5
2.1.1 Asumsi Residual Independent	8
2.1.2 Asumsi Residual Identik	9
2.1.2 Asumsi <i>Residual Distribusi Normal</i>	10
2.2 Measurement System Analisis	11
2.2.1 Measurement System Analisis Tipe I.....	13
2.2.2 Measurement System Analisis Tipe II	15
2.3 PT. Jaykay Files Indoensia.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Sumber Data	19
3.2 Data Penelitian.....	19
3.2.1 Sampel Data.....	19
3.2.2 Struktur Data	20

3.3 Variabel Penelitian.....	20
3.4 Langkah Analisis.....	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA).....	25
4.2 <i>Measurement System Analysis</i>	28
4.2.1 MSA Tipe I	28
4.2.2 MSA Tipe II.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Percobaan Faktorial	5
Tabel 2.2 Tabel <i>Analysis Of Variance Fixed Effect Model</i>	6
Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian	20
Tabel 3.2 Faktor-Faktor Penelitian.....	20
Tabel 3.3 Variabel Penelitian	21
Tabel 3.4 Alat Pengukur dan Bahan Uji.....	21
Tabel 4.1 Hasil ANOVA pada Pengukuran <i>vickers hardness tester</i>	25
Tabel 4.2 <i>Gauge R&R</i> Tipe I Berdasarkan Jenis <i>Drills</i>	29
Tabel 4.3 <i>Gauge R&R</i> Tipe I untuk Inspektor pada <i>Drills Test Block 752 VHN</i>	30
Tabel 4.4 <i>Gauge R&R</i> Tipe I untuk Inspektor pada <i>Drills Test Block 758 VHN</i>	30
Tabel 4.5 <i>Gauge R&R</i> Tipe I untuk Inspektor pada <i>Drills Test Block 810 VHN</i>	31
Tabel 4.6 <i>Gauge R&R</i> Tipe II Pada Hasil Pengukuran <i>vickers hardness tester</i>	33

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Plot Residual Versus Fitted Value</i>	8
Gambar 2.2 <i>Plot Residual Versus Time Order</i>	9
Gambar 2.3 <i>Residual Normal Probability Plot</i>	10
Gambar 2.4 <i>Repeatability</i>	12
Gambar 2.5 <i>Reproducibility</i>	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4.1 <i>Normal Probability Plot</i> Hasil Pengukuran <i>Drills Test Block</i>	27
Gambar 4.2 <i>Plot Residual Versus Time Order</i> Hasil Pengukuran <i>Drills Test Block</i>	27
Gambar 4.3 <i>Plot Residual Versus Fitted Value</i> Hasil Pengukuran <i>Drills Test Block</i>	28
Gambar 4.4 <i>Gauge R&R</i> Grafik Variasi Komponen	34
Gambar 4.5 <i>Gauge R&R</i> Grafik \bar{x} dan Grafik \bar{s}	35
Gambar 4.6 <i>Gauge R&R</i> Interaksi Inspektor Vs <i>Drills</i>	36
Gambar 4.7 <i>Gauge Run Chart</i> Hasil Pengukuran <i>Vickers Hardness Tester</i>	37
Gambar 4.8 <i>Gauge Linierity</i> Dan Bias Hasil Pengukuran <i>Vickers Hardness Tester</i>	37

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Data Hasil Inspeksi Pengukuran Kekerasan Logam Produk Drill Test Block Menggunakan Alat Vickers Hardness Tester .....43
Lampiran 2	Hasil <i>Analysis Of Varians</i> (ANOVA) .....44
Lampiran 3	Hasil <i>Residual plot</i> transformasi data.....46
Lampiran 4	Hasil Analisis <i>Gauge R&R</i> Tipe I Pada Produk <i>Drills Test Block</i> .....50
Lampiran 5	Hasil Analisis <i>Gauge R&R Tipe II</i> Pada Produk <i>Drills Test Block</i> .....56

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Jaykay Files Indonesia merupakan salah satu produsen pembuat alat perkakas kualitas dunia yang berlokasi di jalan Sukodono Gedangan Sidoarjo Jawa Timur. PT Jaykay sudah berdiri sejak tahun 1974 sehingga mempunyai pengalaman yang banyak mengenai pembuatan alat-alat perkakas. Produk yang di produksi oleh PT Jaykay mempunyai beragam jenis seperti *files*, *cutting tools*, *power tools*, *hand tools* dan *accessories*. Produk yang diproduksi oleh PT Jaykay terbuat dari bahan material berkualitas tinggi dengan proses manufaktur modern dan sesuai dengan standar mutu internasional. Hasil produksi PT Jaykay selain digunakan untuk konsumsi dalam Negeri juga di ekspor keluar Negeri dengan tujuan USA, Jepang, Eropa, Amerika Latin, Asia Pasifik dan Negara-negara Asia lainnya. Produk yang banyak diproduksi di PT Jaykay Files Indonesia salah satunya yaitu produk kategori *cutting tools* jenis mata bor (*drills*). Mata bor atau *drills* merupakan alat perkakas yang berfungsi untuk melubangi suatu obyek atau benda. Dalam proses produksi *drills* alur pembuatan masih menggunakan tenaga kerja manusia daripada menggunakan mesin produksi otomatis dikarenakan faktor biaya yang lebih murah, dengan alasan tersebut diperlukan diperlukan metode yang sesuai untuk mengurangi *error* atau cacat produksi sehingga produk dapat diterima.

Metode *vickers* atau *Vickers hardness tester* merupakan alat untuk menguji kekerasan logam pada produk jenis *drills*. Bentuk dari alat ukur *vickers hardness tester* berupa piramida dengan dasar persegi yang mempunyai sudut 136° antara dasaran dengan bahan uji dimana beban yang dikenakan antara 1 sampai 100 dengan satuan *kgf* (*kilogramforce/crad*). Pengujian kekerasan logam dilakukan selama kurang lebih 5 menit tetapi pengujian dengan beban penuh biasanya dilakukan dalam waktu 10 hingga

15 detik. Hasil pengukuran dapat terlihat menggunakan mikroskop dengan rata-rata perhitungan yang diperoleh dari pembagian nilai beban *kgf* dengan luas millimeter dari bahan uji dengan hasil yang diperoleh diberi satuan VHN (*vikers hardness number*), selain menggunakan perhitungan pembagian terdapat cara yang lebih mudah yaitu menggunakan hasil dari tabel konversi. Perhitungan menggunakan tabel konversi sering digunakan di PT Jaykay Files Indonesia.

Metode *six sigma* merupakan salah satu metode pengendalian kualitas yang umum diterapkan oleh berbagai jenis industri. Metode *six sigma* bertujuan mengurangi cacat produksi, memangkas waktu pembuatan produk dan mengurangi biaya produksi. Dalam metode *six sigma* terdapat siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*). *Measure* merupakan salah satu analisis yang diterapkan didalam metode *six sigma* dimana dilakukan manajemen pengumpulan data, validasi sistem pengukuran (*gauge R&R*) dan menghitung nilai *sigma performance* yang bertujuan untuk memastikan apakah sistem pengukuran atau *measurement system analysis* sudah diterima (*acceptable*) atau tidak (*unacceptable*). Menurut Ford Motor Company (2010) *Measurement system* adalah kumpulan instrumen atau gages, standar, operasi, metode, perlengkapan, *software*, personel, lingkungan dan asumsi yang digunakan untuk mengukur satuan ukuran atau memperbaiki penilaian untuk karakteristik fitur yang diukur termasuk proses lengkap yang digunakan untuk mendapatkan nilai pengukuran. Kriteria *measurement system analysis gauge repeatability* dan *reproducibility* dikatakan *acceptable* apabila proses pengukuran atau *study variation gauge R&R* kurang dari sama dengan 10 %, serta *repeatability* dan *reproducibility* bernilai kecil.

Penelitian *measurement system analysis* (MSA) pernah dilakukan oleh Pramitasari (2013) yang menunjukkan hasil pengukuran GAP antar Tube di PT X dapat diterima (*acceptable*) dengan syarat perlu dilakukan perbaikan proses. Dewi (2013)

menunjukkan bahwa faktor *torque wrench* di PT Y berpengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran sehingga alat ukur *torque analyzer* telah *acceptable*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, PT Jaykay bertujuan untuk menghasilkan produk yang sesuai standar dan berkualitas dunia. Dalam proses produksi, mesin-mesin yang digunakan salah satunya yaitu mesin *vickers hardness tester* telah berusia tua dan mengalami penurunan fungsi, selain itu terdapat petugas inspeksi yang masih baru dan minim pengalaman sehingga pihak perusahaan menduga dari kedua faktor tersebut memberikan hasil produksi yang kurang memuaskan, sehingga pihak perusahaan ingin mengetahui penyebab dari hasil produksi yang kurang memuaskan tersebut dengan melakukan analisis dari faktor-faktor yang telah diduga.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh-pengaruh dari faktor yang terkait diantaranya
 - a. Mengetahui apakah terdapat pengaruh dari faktor inspektor dan alat ukur *vickers hardness tester* serta interaksinya terhadap hasil pengukuran pada produk *drills test block*.
 - b. inspektor manakah yang memberikan hasil pengukuran yang berbeda.
2. Mengetahui apakah sistem pengukuran (*measurement system analysis*) menggunakan alat *vickers hardness tester* untuk mengukur kekerasan logam produk jenis *drills* di PT Jaykay Files Indonesia telah *acceptable*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada pihak Perusahaan khususnya departemen *quality control* berkenaan dengan penyebab variasi hasil pengukuran kekerasan logam menggunakan alat *vickers hardness tester* yang disesuaikan dengan proses kalibrasi pada produk *drills test block* terstandarisasi apakah sudah *acceptable* atau tidak.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah yang terdapat dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Alat ukur yang digunakan adalah *vickers hardness tester* dengan beban uji yang dikenakan sebesar 30kgf
2. Bahan uji yaitu produk jenis *drills test block* telah terstandarisasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan (*Desain of Experiment*) adalah kajian mengenai penentuan kerangka dasar kegiatan pengumpulan informasi terhadap objek yang memiliki variasi berdasarkan perhitungan statistik.

Montgomery (2005) percobaan faktorial merupakan percobaan yang dimana semua taraf faktor dari setiap faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua taraf dari setiap faktor lainnya. Misalkan faktor utama yaitu faktor A dan faktor B, level masing-masing dari faktor adalah a dan b serta percobaan tersebut di ulang sebanyak n kali.

Tabel 2.1 Struktur Data Percobaan Faktorial

Faktor A (Inspektor)	Faktor B (vickers)				
	1	2	...	m	$y_{i..}$
1	$y_{111}, y_{112}, \dots, y_{11n}$	$y_{121}, y_{122}, \dots, y_{12n}$	...	$y_{1m1}, y_{1m2}, \dots, y_{1mn}$	$y_{1..}$
2	$y_{211}, y_{212}, \dots, y_{21n}$	$y_{221}, y_{222}, \dots, y_{22n}$	...	$y_{2m1}, y_{2m2}, \dots, y_{2mn}$	$y_{2..}$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
l	$y_{l11}, y_{l12}, \dots, y_{l1n}$	$y_{l21}, y_{l22}, \dots, y_{l2n}$	...	$y_{lm1}, y_{lm2}, \dots, y_{lmn}$	$y_{l..}$
$y_{.j}$	$y_{.1}$	$y_{.2}$	...	$y_{.m}$	$y_{...}$

Nilai observasi dari rancangan factorial 2 faktor dideskripsikan dengan model pada persamaan berikut,

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, l \\ j = 1, 2, \dots, m \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2.1)$$

Dimana:

y_{ijk} : respon atau nilai observasi pada faktor A level ke- i , faktor B level ke- j dan perulangan ke- k .

μ : efek mean keseluruhan

τ_i : efek faktor A level ke- i

β_j : efek faktor B level ke- j

$(\tau\beta)_{ij}$: efek interaksi faktor A level ke- i dan faktor B level ke- j

ε_{ijk} : komponen *error* random yang IIDN $(0, \sigma^2)$

Hipotesis yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari faktor A yaitu sebagai berikut,

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_l = 0$ (faktor A tidak memberikan pengaruh)

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0, i=1, 2, \dots, l$

Hipotesis yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari faktor B yaitu sebagai berikut,

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$ (faktor B tidak memberikan pengaruh)

H_1 : minimal ada satu $\beta_j \neq 0, j=1, 2, \dots, m$

Hipotesis yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari faktor (AB) atau interaksi yaitu sebagai berikut,

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ (faktor AB tidak memberikan pengaruh)

$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ (faktor AB memberikan pengaruh)

Jika faktor yang digunakan dalam penelitian dipilih atau ditentukan sebelumnya oleh peneliti yang diduga memberikan pengaruh, kemudian dilakukan pengujian hipotesis *mean* perlakuan atau level faktor, dan kesimpulannya hanya untuk level faktor yang terdapat pada hasil analisis, maka disebut *fixed effect model* (Montgomery, 2005).

Tabel 2.2 Tabel ANOVA *fixed effect model*

Sumber Variasi	Sum of Square	Derajat Bebas	Mean Square	F
Faktor A	SS_A	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$\frac{MS_A}{MS_E}$
Faktor B	SS_B	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
Interaksi (AB)	SS_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS_E	$ab(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	SS_T	$abn - 1$		

Tabel 2.2 merupakan tabel ANOVA untuk rancangan percobaan 2 faktor. Dimana persamaan dari *sum of square* sebagai berikut,

$$SS_A = \sum_{i=1}^l \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.2)$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^m \frac{y_{.j.}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.3)$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} - SS_A - SS_B \quad (2.4)$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad (2.5)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^l = \sum_{j=1}^m = \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.6)$$

Dengan

$$y_{i..} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad (2.7)$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad (2.8)$$

$$y_{ij.} = \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad (2.9)$$

$$y_{...} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad (2.10)$$

Statistik uji :

$$F = \frac{MS_A}{MS_E} \quad (2.11)$$

Daerah kritis : tolak H_0 jika $F_0 > F_{\alpha; a-1; ab(n-1)}$. Jika H_0 gagal ditolak maka tidak ada efek dari setiap level pada faktor A terhadap respon.

$$F = \frac{MS_B}{MS_E} \quad (2.12)$$

Daerah kritis : tolak H_0 jika $F_0 > F_{\alpha; b-1, ab(n-1)}$. Jika H_0 gagal ditolak maka tidak ada efek dari setiap level pada faktor B terhadap respon.

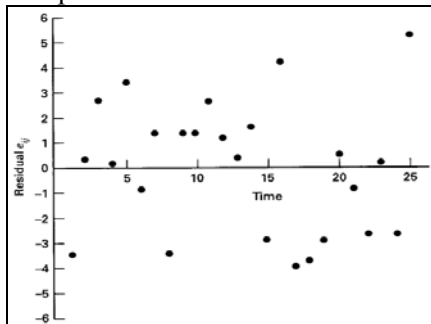
$$F = \frac{MS_{AB}}{MS_E} \quad (2.13)$$

Daerah kritis : tolak H_0 jika $F_0 > F_{\alpha; (a-1)(b-1), ab(n-1)}$. Jika H_0 gagal ditolak maka tidak ada efek dari setiap level pada faktor (AB) atau interaksi terhadap respon.

Pada *two-way* ANOVA, Montgomery (2005) menjelaskan bahwa terdapat asumsi *error* yang harus dipenuhi yaitu asumsi identik, independen dan berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$. Apabila asumsi residual terpenuhi maka prosedur ANOVA merupakan analisis yang tepat dari hipotesis yang dijabarkan bahwa tidak ada perbedaan pada *mean* perlakuan atau level faktor.

2.1.1 Asumsi Residual Independen

Montgomery (2005) menjelaskan bahwa pengecekan asumsi independen dapat dilihat dari nilai korelasi antar residual pada plot-plot *residual* urutan waktunya (*time order*). Apabila plot residual menyebar tidak merata maka dapat dikatakan bahwa asumsi residual independen telah terpenuhi. Gambar 2.1 berikut merupakan contoh plot *residual versus time order*.



Gambar 2.1 Plot *Residual Versus Time Order*

2.1.2 Asumsi Residual Identik

Pengecekan asumsi identik dapat diketahui dengan melihat plot *residual versus fitted value*. Apabila plot *residual* tidak membentuk pola microphone atau corong maka dapat dikatakan bahwa *residual* telah memenuhi asumsi identik. Makna identik dalam hal ini adalah *variance* yang bernilai konstan atau homogen. Gambar 2.2 berikut merupakan contoh plot *residual versus fitted value*. Selain pengecekan secara visual, untuk menguji *homogenitas variance*, dapat dilakukan dengan menggunakan uji *levене test*. Lim & Loh (1996) menjelaskan bahwa uji *levене test* digunakan untuk mengetahui kehomogenan suatu data hasil pengukuran tanpa harus memenuhi asumsi normal. Berikut merupakan persamaan matematis uji *levене test*, Hipotesis :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_x^2$$

$$H_1 : \sigma_u^2 \neq \sigma_v^2 \text{ minimal terdapat satu pasang } (u,v)$$

Statistik Uji :

$$L = \frac{(N - u) \sum_{u=1}^x N_u (\bar{z}_u - \bar{z})^2}{(u - 1) \sum_{u=1}^x \sum_{v=1}^{N_u} (z_{uv} - \bar{z}_u)^2} \quad (2.14)$$

Dimana :

N : jumlah total observasi, dimana $N = 1, 2, \dots, xv$

N_u : jumlah observasi di kelompok ke- x

u : jumlah kelompok dimana $u = 1, 2, \dots, x$

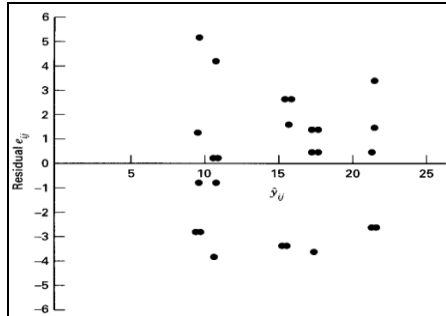
Z_{uv} : $|Y_{uv} - \bar{Y}_u|$

\bar{Y}_u : rata-rata kelompok ke- u

\bar{Z}_u : rata-rata kelompok dari Z

\bar{Z} : rata-rata keseluruhan dari z_{uv}

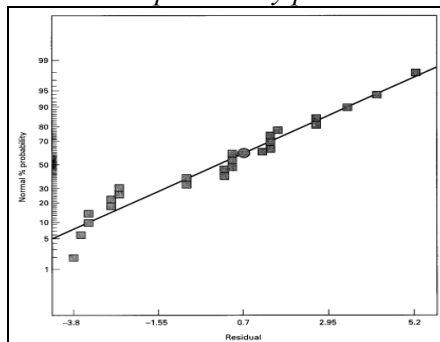
Daerah kritis : H_0 ditolak apabila nilai $p\text{-value}$ lebih besar dari pada nilai α (0,05) atau jika $L > F_{(\alpha, u-1, N-u)} \cdot$



Gambar 2.2 Plot *Residual Versus Fitted Value*

2.1.3 Asumsi Residual Distribusi Normal

Pengecekan untuk asumsi normalitas atau residual berdistribusi normal dapat diketahui secara visual dengan melihat plot histogram dari *residual*. Apabila asumsi IIDN $(0, \sigma^2)$ pada *residual* terpenuhi, maka plot terlihat seperti sampel dari distribusi normal yang berpusat pada nilai nol. Pengecekan asumsi distribusi normal juga dapat dilihat dari *probability plot*. Jika *residual* mengikuti distribusi normal maka plot-plot residual akan menyerupai atau mengikuti garis lurus. Gambar 2.3 merupakan contoh *normal probability plot*.



Gambar 2.3 *Residual Normal Probability Plot*

Salah satu pengujian secara statistik untuk mengecek asumsi berdistribusi normal adalah dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Daniel (1989) menunjukkan hipotesis yang digunakan pada uji *Kolmogorov-Smirnov* dua sisi adalah sebagai berikut,

$H_0 : F(x) = F_0(x)$ (Residual berdistribusi normal)

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$ (Residual tidak berdistribusi normal)

Statistik Uji :

$$D = \sup_x |S(x) - F_0(x)| \quad (2.15)$$

Dimana :

$F(x)$: fungsi distribusi yang belum diketahui.

$F_0(x)$: fungsi distribusi yang dihipotesiskan (fungsi peluang kumulatif).

$S(x)$: banyaknya nilai pengamatan yang kurang dari atau sama dengan $(x)/n$.

D : jarak vertikal terjauh antara $S(x)$ dan $F_0(x)$.

Daerah kritis :

H_0 ditolak jika nilai D lebih besar dari $q_{(1-\alpha)}$ dengan nilai $q_{(1-\alpha)}$ didapatkan dari tabel statistik uji *Kolmogorov-Smirnov*.

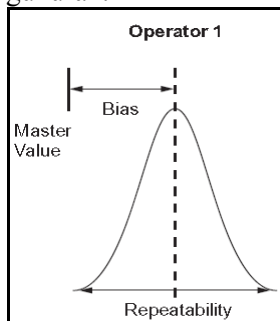
2.2 Measurement System Analysis (MSA)

Brook (2004) menjelaskan bahwa *measurement system analysis* atau MSA merupakan teknik yang dapat membantu mengidentifikasi penyebab *error* dari suatu data pengukuran. Ford Motor Company (2010) menyatakan bahwa *measurement system* adalah kumpulan instrumen atau gages, standar, operasi, metode, perlengkapan, *software*, personel, lingkungan dan asumsi yang digunakan untuk mengukur satuan ukuran atau memperbaiki penilaian untuk karakteristik fitur yang diukur termasuk proses lengkap yang digunakan untuk mendapatkan nilai pengukuran.

Sistem pengukuran atau *measurement system* tidak hanya berupa alat, seperti penggaris atau penghitung waktu, namun juga meliputi orang (karyawan), standar dan prosedur, dan juga bentuk pelatihan-pelatihan yang melingkupi proses pengukuran itu

sendiri. Joglekar (2003) menjelaskan bahwa Sifat statistik dari sistem pengukuran adalah sebagai berikut,

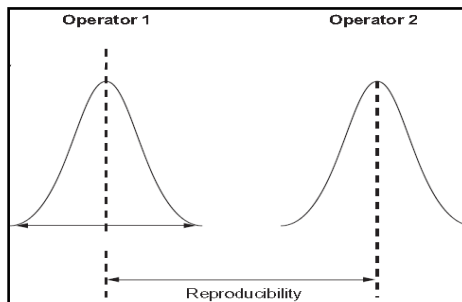
1. Stabilitas (*Stability*)
Sebuah sistem pengukuran dikatakan stabil apabila nilai dari hasil pengukuran berada pada rentang yang sama dari waktu ke waktu.
2. Kecukupan unit pengukuran
Kemampuan sistem pengukuran untuk mengeluarkan hasil pengukuran pada jumlah angka desimal disebut kecukupan unit pengukuran. Penentuan berapa banyak tempat desimal yang memadai tergantung pada jenis pengukuran yang dilakukan.
3. Bias
Bias sistem pengukuran dan ketidakteelitian adalah perbedaan sistematis antara hasil dari sistem pengukuran dengan metode pengukuran induk atau standar referensi (kalibrasi).
4. Pengulangan (*Repeatability*)
Pengulangan dilakukan untuk menentukan variabilitas pengukuran berulang dari produk yang sama di bawah kondisi operasi yang identik, yaitu dengan menggunakan alat ukur (*gauge*), operator dan didalam kondisi yang sama. Standar deviasi dari pengukuran adalah hasil pengulangan pengukuran.



Gambar 2.4 *Repeatability*

5. Reprodutifitas (*Reproducibility*)

Reprodutifitas merupakan variabilitas yang disebabkan oleh operator, yaitu variabilitas dalam rata-rata pengukuran yang dilakukan oleh operator yang berbeda menggunakan alat ukur dan produk yang sama. Ukuran reprodutivitas ditentukan menggunakan komponen varians, deviasi standar antara operator dapat ditentukan dari pengukuran produk yang sama dengan oprator yang berbeda.



Gambar 2.5 *Reproducibility*

6. Linieritas dan kestabilan varian

Bias dan variabilitas sistem pengukuran mungkin atau mungkin tidak konstan sepanjang rentang operasi dari sistem pengukuran. Jika bias adalah konstan sepanjang dalam sistem operasi dikatakan linear. Begitu pula apabila variabilitas tetap konstan sepanjang operasi maka dapat dikatakan varian konstan. Linearitas dan varian konstan dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran berulang kali yang sesuai dengan prosedur dan kalibrasi.

2.2.1 Measurement System Analysis Tipe I

Minitab (2010) menyatakan bahwa *measurement system analysis* atau MSA tipe I adalah studi untuk mengukur nilai variasi yang hanya berasal dari inspektor. Secara khusus, meneliti dan menilai efek dari bias pengulangan pengukuran dari satu operator dan satu bagian referensi. MSA tipe I dapat digunakan

ketika suatu pengukuran telah diketahui karakteristik datanya dan telah diketahui pula pengulangan pengukuran yang dilakukan.

Pengulangan merupakan kemampuan *gauge* untuk membuat pengukuran yang konsisten dari bagian yang sama. Pengukuran *gauge* menghasilkan nilai varian yang beragam, apabila nilai varian terlalu besar didalam kaitannya dengan nilai toleransi maka nilai pengukur menjadi variabel. Secara persamaan *capability gauge* (*cg*) adalah sebagai berikut.

$$Cg = \frac{K / 100 * (BSA - BSB)}{L * s} \quad (2.16)$$

Dimana :

K : presentase toleransi hasil pengukuran.

L : jumlah dari standar deviasi yang mewakili seluruh proses penyebaran (nilai = 6).

s : standar deviasi hasil pengukuran.

Selain mengukur nilai pengulangan, dihitung juga juga nilai bias pengukur dimana bias pengukur merupakan selisih antara rata-rata hasil pengukuran oleh inspektor dengan nilai target yang sesuai dengan kalibrasi. Metode yang digunakan untuk mengukur nilai tersebut adalah *capability gauge* yang terdiri dari *gauge variation* dan bias (*cgk*). Secara umum persamaan (*cgk*) adalah sebagai berikut,

$$Cgk = \frac{K / 200 * (BSA - BSB) - |\bar{x}_g - x_m|}{L * s} \quad (2.17)$$

Dimana :

K : presentase toleransi hasil pengukuran.

\bar{x}_g : nilai target pengukuran (*reference value*).

x_m : nilai rata-rata hasil pengukuran (*mean*).

L : jumlah dari standar deviasi yang mewakili setengah dari seluruh proses penyebaran (nilai = 3).

s : standar deviasi hasil pengukuran.

(Roth, 2013)

2.2.2 Measurement System Analysis Tipe II

Measurement system analysis tipe II atau juga disebut *gauge reproducibility* dan *repeatability* (*gauge R&R*). Metode *gauge R&R* merupakan salah satu jenis *measurement system analysis* yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari sistem pengukuran. Menurut Pan (2004) *variability* dari proses *measurement* dan total varian dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut,

$$\sigma_{gauge}^2 = \sigma_{repeatability}^2 + \sigma_{reproducibility}^2 \quad (2.18)$$

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{part}^2 + \sigma_{gauge}^2 \quad (2.19)$$

Menurut Borror (2009) didalam Amin,dkk (2012) untuk memperkirakan nilai reproduktivitas dan pengulangan terdapat dua cara yang umum digunakan yaitu metode rentang (*range*) atau metode berdasarkan diagram kontrol dan metode ANOVA. Menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) pada Tabel 2.2 untuk menghitung nilai *repeatability* (EV), *reproducibility* (AV), *varians part to part* (PV), *varians interaction* (IV) dan *gauge R&R*.

Repeatability (EV) digunakan untuk menghitung nilai variasi yang dihasilkan dari beberapa pengukuran dimana sampel yang diukur mempunyai jumlah yang beragam dan diukur oleh inspektor yang sama.

$$EV = k\sqrt{MS_E} \quad (2.20)$$

Reproducibility (AV) digunakan untuk menghitung nilai variasi yang mewakili jumlah sampel yang diukur oleh inspektor berbeda.

$$AV = k\sqrt{\frac{MS_A - MS_{AB}}{bn}} \quad (2.21)$$

Varians part to part (PV) digunakan untuk menghitung nilai variasi dari beberapa karakteristik dari produk atau bahan uji dan diukur oleh inspektor yang sama.

$$PV = k \sqrt{\frac{MS_B - MS_{AB}}{an}} \quad (2.22)$$

Varians interaction (IV) digunakan untuk menghitung rata-rata nilai hasil pengukuran dari jumlah sampel yang berbeda dan diukur oleh inspektor yang berbeda.

$$IV = k \sqrt{\frac{MS_{AB} - MS_E}{n}} \quad (2.23)$$

Gauge R&R digunakan untuk menghitung jumlah nilai varians yang tidak diharapkan.

$$R \& R = k \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2} \quad (2.24)$$

Dimana nilai k adalah konstan yang mana tergantung pada jumlah percobaan masing-masing inspektor. Misalkan untuk uji coba = 2 maka nilai k (4,56) dan untuk uji coba =3, maka nilai kisaran untuk k (3,05) Menurut Montgomery (2003) didalam Amin,dkk (2012). Sedangkan untuk menghitung suatu kondisi *measurement system* yaitu dengan cara uji statistik *gauge R&R* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$GaugeR\& R = \left[\frac{\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2}}{BKA - BKB} \right] \quad (2.25)$$

BSA (batas spesifikasi atas) dan BSB (batas spesifikasi bawah) adalah spesifikasi yang telah sesuai dengan standar kualitas produk.

Measurement system telah *acceptable* dapat di ketahui dengan melihat *prosentase contribution variation*. Minitab (2010) menjelaskan bahwa *prosentase contribution variation* adalah nilai *varians* dari pengukuran di bagi dengan jumlah varians keseluruhan dan kriteria penerimaan sebagai berikut,

1. *Measurement system* dikatakan telah *acceptable* apabila nilai % *contribution variation Gauge R&R* kurang dari sama dengan 1%.

2. *Measurement System* dikatakan telah *acceptable* dengan syarat tertentu apabila nilai % *contribution variation gauge R&R* berada pada rentang nilai 1% sampai dengan 9%.
3. *Measurement System* dikatakan *unacceptable* jika nilai % *contribution variation Gauge R&R* lebih dari sama dengan 9%. Pada kondisi ini perlu adanya perbaikan dalam sistem pengukuran.

Cara kedua yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi *measurement system* adalah dengan menggunakan *number distinct categories* atau *classification ratio*. Secara matematis persamaan umunya yaitu sebagai berikut,

$$ndc = \frac{\hat{\sigma}_{part}}{\hat{\sigma}_{R\&R}} \times 1.41 \quad (2.26)$$

Measurement system dikatakan *acceptable* apabila nilai *number of distinct categories* lebih besar daripada 5.

2.3 Profil PT Jaykay Files Indonesia

PT Jaykay Files Indonesia merupakan anak perusahaan dari Raymond Ltd, yang saat ini menjadi produsen terbesar alat perkakas atau pertukangan jenis *files* dan *drills* terbesar di dunia. Perusahaan ini memiliki sekitar 32% pangsa pasar global. Selain memproduksi secara massal alat pertukangan juga dapat memproduksi alat sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pelanggan termasuk BS, FS, ISI dan DIN.

PT Jaykay Files Indonesia terletak di jalan Sukodono Gedangan Sidoarjo 61254, Jawa Timur Indonesia. PT Jaykay mempunyai pengalaman yang banyak sekali mengenai pembuatan alat pertukangan dimana perusahaan telah berdiri sejak tahun 1974 sampai saat ini. PT Jaykay saat ini memproduksi berbagai jenis peralatan pertukangan dengan kualitas dunia diantaranya kategori *hand tools* yang meliputi berbagai macam perangkat *non-powered* seperti tang, palu, kunci pas dan lain sebagainya. PT

Jaykay terus berinovasi dan memperkenalkan produk-produk baru di alat-alat pertukangan seperti *fine grained iron jack*, lubang saw *BI-metal variabel pitch*, HSS tangan *hack saw blades*, TCT *circular saw* dan sockets.

Barang yang diproduksi oleh PT Jaykay terbuat dari bahan material berkualitas tinggi dengan proses manufaktur modern dan sesuai dengan standar mutu internasional. Selain berinovasi, pihak perusahaan tetap menjaga produksi dengan kategori *power tools* gengam, alat bertenaga listrik untuk mempercepat kinerja tukang atau teknisi (Jaykay Files Indonesia, 2016).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, yaitu hasil pengukuran kekerasan logam dari *drills test block* yang didapatkan di departemen quality control PT Jaykay Files Indonesia. Pengukuran dilakukan oleh tiga orang inspektor dengan menggunakan alat ukur yaitu *vickers hardness tester*.

Drills test block merupakan bahan uji yang telah terstandarisasi dimana fungsinya untuk mengukur keakuratan kinerja mesin atau alat ukur. Bahan yang diujikan terdiri dari tiga level atau standar produk, yaitu *drills test block* level 752 VHN, 758 VHN dan 810 VHN. *Drills test block* setiap level masing-masing terdapat 3 buah dan Alat ukur yang digunakan yaitu *vickers hardness tester* berjumlah satu buah.

3.2 Data Penelitian

3.2.1 Sampel Data

Sampel data pengukuran dilakukan oleh tiga orang inspektor dengan menggunakan alat ukur *vickers hardness tester*. Terdapat tiga jenis *drills* yang menjadi bahan uji dimana Masing-masing dari *drills* tersebut diambil sebanyak tiga unit produk. Kekerasan *drills test block* diukur dengan cara memberi tekanan sebesar 30 *kgf* pada permukaannya dan dilakukan sebanyak lima kali pengulangan. Setiap hari seorang inspektor melakukan pengukuran pada setiap jenis *drills* selama tiga hari. Total hasil pengukuran untuk setiap inspektor sebanyak 15 kali pengulangan dari masing-masing jenis bahan uji. Masing-masing inspektor melakukan pengukuran pada waktu yang berbeda sehingga setiap inspektor tidak mengetahui bagaimana hasil pengukuran dari inspektor lainnya. Pengukuran dilakukan selama 3 hari berturut-turut dimana dimulai pada tanggal 08 – 10 April 2016.

3.2.2 Struktur Data

Struktur data yang digunakan untuk memberikan gambaran secara lebih ringkas terhadap data yang dianalisis serta memberikan kemudahan dalam proses perhitungan. Berdasarkan data hasil inspeksi karakteristik kualitas produk *drills test block* yang telah dilakukan oleh tiga inspektor menggunakan alat ukur *vickers hardness tester*, maka diperoleh struktur data penelitian sebagai berikut,

Tabel 3.1 Struktur Data penelitian

Inspektor	<i>Drills Test Block</i>		
	1	2	3
1	$y_{111}, y_{112}, y_{113}$	$y_{121}, y_{122}, y_{123}$	$y_{131}, y_{132}, y_{133}$
	\dots, y_{1115}	\dots, y_{1215}	\dots, y_{1315}
2	$y_{211}, y_{212}, y_{213}$	$y_{221}, y_{222}, y_{223}$	$y_{231}, y_{232}, y_{233}$
	\dots, y_{2115}	\dots, y_{2215}	\dots, y_{2315}
3	$y_{311}, y_{312}, y_{313}$	$y_{321}, y_{322}, y_{323}$	$y_{331}, y_{332}, y_{333}$
	\dots, y_{3115}	\dots, y_{3215}	\dots, y_{3315}

Tabel 3.1 menunjukkan nilai pengukuran kekerasan logam pada produk *drills test block*. y_{ijk} adalah nilai pengukuran pada inspektor k -i dan *drill test block* level k -j dan pengulangan ke- k dimana $i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2, 3$; $k = 1, 2, 3, \dots, 15$.

3.3 Variabel penelitian

Pada penelitian ini digunakan variabel pengamatan untuk bahan uji yaitu *drills test block*. Bahan uji tersebut mempunyai spesifikasi dan kalibrasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 3.2 sebagai berikut,




Tabel 3.2 Faktor-faktor penelitian

Variabel	Keterangan
Inspektor	Orang yang bertugas melakukan pengukuran <i>drills</i> menggunakan <i>vickers hardness tester</i>
<i>Vickers hardness tester</i>	Alat untuk mengukur kekerasan logam <i>drills</i>
<i>Drills test block</i>	Bahan uji terstandarisasi berbentuk blok


Tabel 3.3 variabel Penelitian

Drills test block	1 (Kode 01)	2 (Kode 02)	3 (Kode 03)
Standar (VHN)	752 (± 50)	758 (± 50)	810 (± 50)

Tabel 3.4 Alat Ukur dan Bahan Uji

No	Nama variabel	Gambar
1	<i>Vickers hardness tester</i>	
2	<i>Drills test block 752 VHN</i>	
3	<i>Drills test block 758 VHN</i>	

Lanjutan Tabel 3.4 Alat Ukur dan Bahan Uji

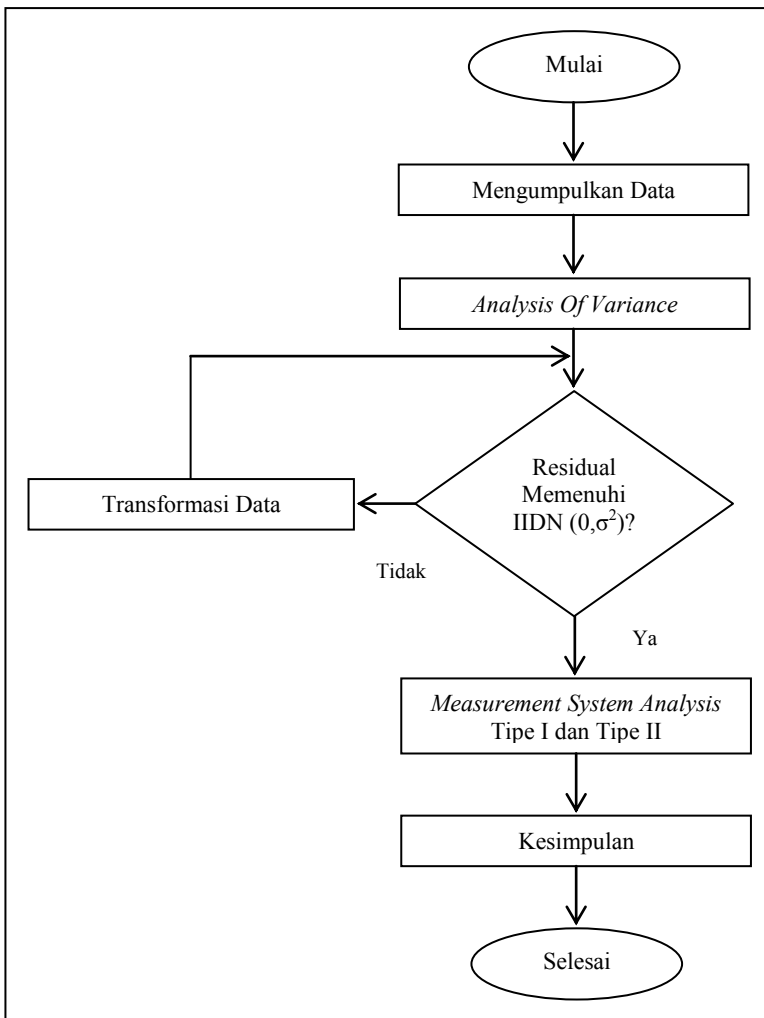
No	Nama variabel	Gambar
4	Drills test block 810 VHN	

3.4 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini sebagai berikut,

1. Melakukan *analyze of variance* (ANOVA)
 - a. *Analysis of variance* dilakukan untuk mengetahui pengaruh level faktor terhadap respon.
 - b. Melakukan pengujian asumsi residual identik, independen dan distribusi normal ($0, \sigma^2$).
2. Analisis *gauge R&R*
 - a. MSA tipe I menghitung nilai kapabilitas *cg* untuk membandingkan hasil pengukuran dengan toleransi dan *cgk* untuk mengukur nilai bias.
 - b. MSA tipe II untuk menghitung nilai *gauge R&R*, dengan menggunakan tabel ANOVA pada hasil analisis langkah 1 dapat digunakan untuk menghitung nilai *repeatability*, *reproducibility*, *varians part to part*, *varians interaction* dan *gauge R&R*.
3. Menarik kesimpulan dan saran.

Langkah analisis dijelaskan dalam diagram alir penelitian sebagai berikut,



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas *measurement system analysis repeatability* dan *reproducibility* (*gauge R&R*) hasil pengukuran *drill test block* dengan menggunakan alat *vickers hardness tester*.

4.1. *Analyze of Variance* (ANOVA)

Analyze of variance digunakan untuk menghitung nilai *gauge R&R* dan untuk mengetahui perbedaan rata-rata dari dua faktor yang diujikan yaitu faktor *drills test block* dan faktor inspektor apakah memberikan pengaruh atau tidak terhadap hasil pengukuran kekerasan logam. Menggunakan data pada lampiran 1 dan persamaan (2.2) sampai (2.10) diperoleh hasil analisis pada lampiran 2. Hasil analisis tersebut dirangkum pada Tabel 4.1 sebagai berikut,

Tabel 4.1 Hasil *Analyze of Variance* Hasil pengukuran *vickers hardness tester*

Source	DF	SS	MS	F	P
Inspektor	2	47191	23595.5	141.11	0.000
<i>Drills</i>	2	77072	38535.8	230.46	0.000
Interaksi	4	1830	457.5	2.74	0.032
<i>Error</i>	126	21069	167.2		
Total	134	147161			

ANOVA dua arah digunakan untuk mengetahui perbedaan dari dua faktor yaitu faktor inspektor dan faktor *drills test block* dimana terdapat tiga inspektor dan tiga jenis *drills* yang berbeda. Tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan ANOVA dua arah dengan hipotesis untuk faktor inspektor sebagai berikut,

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (tidak terdapat perbedaan kemampuan antara inspektor 1, 2 dan 3 dalam memberikan hasil pengukuran)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \tau_i \neq 0, i = 1, 2, 3$ (paling tidak terdapat satu inspektor memiliki kemampuan yang berbeda dalam memberikan hasil pengukuran)

Statistik Uji :

$$F_0 = \frac{MS_{Inspektor}}{MS_{Error}} = \frac{23595.5}{167.2} = 141.11$$

Nilai F_0 pada faktor inspektor sebesar 141,11 nilai tersebut lebih besar dari nilai $F_{(0.05;2;126)}$ sebesar 3,00 selain itu nilai p -value sebesar 0,000 lebih kecil dari α (0.05), maka H_0 ditolak artinya bahwa minimal terdapat satu inspektor memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil pengukuran.

Untuk faktor *drills test block* hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (tidak terdapat perbedaan antara *drills* 1,2 dan 3 dalam memberikan hasil pengukuran)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0, j = 1,2,3 \text{ (paling tidak terdapat satu } \textit{drills} \text{ yang berbeda dalam memberikan hasil pengukuran)}$

Statistik uji :

$$F_0 = \frac{MS_{Drills}}{MS_{Error}} = \frac{38535.8}{167.2} = 230.46$$

Nilai F_0 pada faktor *drills* sebesar 230.46 nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai $F_{(0.05;4;126)}$ sebesar 3,00 selain itu nilai p -value sebesar 0,000 lebih kecil dari α (0.05), maka H_0 ditolak artinya bahwa minimal terdapat satu *drills test block* yang memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil pengukuran.

Jika dilihat dari interaksi antara inspektor dan *drills*, maka ditentukan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ (interaksi antara inspektor dan *drills* tidak memberikan pengaruh terhadap hasil pengukuran)

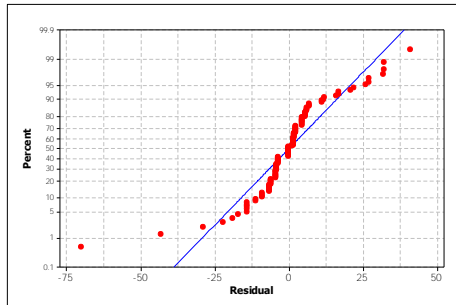
$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ (interaksi antara inspektor *drills* memberikan pengaruh terhadap hasil pengukuran)

Statistik uji:

$$F_0 = \frac{MS_{Interaksi}}{MS_{Error}} = \frac{457.5}{167.2} = 2.74$$

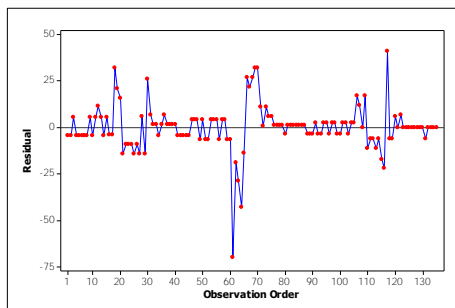
Nilai F_0 pada faktor interaksi sebesar 2.74 nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai $F_{(0.05;2;126)}$ sebesar 2,37 selain itu

nilai $p\text{-value}$ sebesar 0.032 lebih kecil dari α (0.05), maka H_0 ditolak artinya bahwa interaksi antara inspektor dan produk *drills test block* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil pengukuran menggunakan alat *vickers hardness tester*.



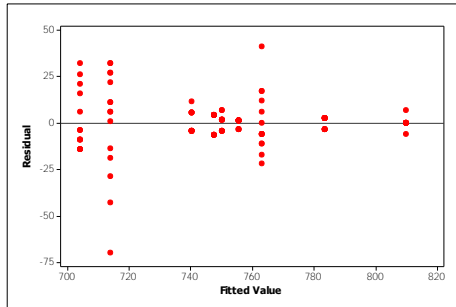
Gambar 4.1 Normal Probability Plot Hasil Pengukuran Drills Test Block

Asumsi residual yang harus dipenuhi pada *two-way* ANOVA adalah identik, independen, dan berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$. Pada Gambar 4.1 pada *normal probability plot* terlihat bahwa residual menyebar dan menjauhi garis lurus biru, maka dapat dikatakan bahwa residual tidak berdistribusi normal. Menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* didapatkan nilai D sebesar 0,175 nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai tabel *Kolmogorov Smirnov* sebesar 0,105 maka H_0 ditolak residual tidak berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$.



Gambar 4.2 Plot Versus Time Order Hasil Pengukuran Drills Test Block

Apabila dilihat dari *plot versus order*, titik-titik residual terlihat tidak menyebar maka asumsi independen tidak terpenuhi.



Gambar 4.3 *Plot Versus Fitted Value* Hasil Pengukuran *Drills Test Block*

Berdasarkan pada *plot versus fits*, titik-titik plot membentuk pola corong, maka asumsi identik tidak terpenuhi. Asumsi residual identik dapat diuji dengan statistik uji *levене test*, untuk residual yang dikelompokkan berdasarkan produk *drills test block* diperoleh nilai L sebesar 4,66 Nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai $F_{(0,05;2;14)}$ sebesar 3,74 dan residual yang dikelompokkan berdasarkan inspektor, diperoleh nilai L sebesar 0,14 Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan nilai $F_{(0,05;2;14)}$ sebesar 3,74. Sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi identik untuk faktor berdasarkan *drills test block* tidak terpenuhi sedangkan untuk faktor inspektor telah terpenuhi. Sehingga asumsi residual IIDN $(0, \sigma^2)$ tidak terpenuhi dan analisis *two-way* ANOVA perlu dilakukan penanggulangan berupa transformasi data. Berdasarkan hasil transformasi data asumsi tetap tidak terpenuhi (lihat lampiran 3). Berdasarkan hasil tersebut, data tetap dianalisis lebih lanjut dengan metode *gauge R&R*.

4.2 *Measurement System Analysis (MSA)*

MSA digunakan untuk memvalidasi apakah sistem pengukuran telah mampu mengukur dengan konsisten dan akurat, serta cukup untuk membedakan antar *part*. Validasi dilakukan

terhadap alat ukur dari setiap variabel pengamatan, apakah sudah sesuai (*acceptable*) untuk mengukur sebuah produk atau tidak. Selain itu validasi juga dilakukan terhadap operator atau inspektor yang mengoperasikan alat ukur, apakah telah mampu memberikan hasil pengukuran yang sesuai kalibrasi (*acceptable*) atau tidak. Pada bab ini dijelaskan dengan dua cara pendekatan sistem pengukuran yaitu MSA tipe I dan MSA tipe II.

4.2.1 MSA Tipe I

Analisis *gauge* R&R tipe I digunakan untuk mengevaluasi kapabilitas dari proses pengukuran, dimana analisis ini mengevaluasi dengan cara mengkombinasikan pengaruh dari bias dan *repeatability* pada pengukuran yang berasal *drills test block*. Dalam analisis ini diperlukan nilai *reference* atau spesifikasi nilai target yang telah ditentukan dari masing-masing *drills test block*. Menggunakan data pada lampiran 1 dan persamaan (2.16) dan (2.17), diperoleh hasil analisis pada lampiran 4. Hasil analisis tersebut dirangkum pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Gauge* R&R Tipe I Berdasarkan Jenis *Drills*

	Variabel Pengamatan		
	1	2	3
<i>Cg</i>	0.75	0.67	0.77
<i>Cgk</i>	0.44	0.41	0.40
%Var (<i>Repeatability</i>)	67.11	75.15	64.69
%Var (<i>Repeatability and Bias</i>)	113.45	120.87	126.35
(<i>P-value</i>)	0.000	0.000	0.000
<i>Tolerance</i> (VHN)	100	100	100
<i>Reference</i> (VHN)	752	758	810

1= Drills Test Block 752 VHN ; 2 = Drills Test Block 758 VHN ; 3 = Drills Test Block 810 VHN

Berdasarkan Tabel 4.2 terlihat bahwa nilai *Cg* dan *Cgk* untuk masing-masing variabel pengamatan bervariasi, dikarenakan nilai *reference value* dari setiap variabel pengamatan berbeda. Nilai toleransi yang dipengaruhi oleh *varians* sistem pengukuran dilihat dari besar *Cg*, sedangkan nilai toleransi yang dipengaruhi oleh variasi sistem pengukuran dan *bias* dilihat dari nilai *Cgk*. Nilai *Cg*

dan Cgk dari semua variabel pengamatan menunjukkan nilai yang lebih kecil dari 1,33. Nilai ini mengindikasikan bahwa variasi sistem pengukuran setiap variabel pengamatan besar jika dibandingkan dengan *range* dari toleransi.

Selain itu diperoleh juga nilai %Var (*Repeatability*) dan %Var (*Repeatability and Bias*). Nilai %Var (*Repeatability*) memiliki pengertian yang sama dengan nilai Cg sedangkan %Var (*Repeatability and Bias*) memiliki pengertian yang sama dengan Cgk . Nilai dari kedua pengamatan tersebut menunjukkan nilai yang besar, berdasarkan kondisi tersebut dapat dikatakan bahwa variasi yang disebabkan oleh sistem pengukuran pada setiap variabel pengamatan besar.

Terdapat nilai *bias* (*p-value*) dari tiga pengamatan dimana nilai *bias* yang lebih kecil dari nilai α (0,05). Berdasarkan hasil tersebut dapat memberikan kesimpulan bahwa terdapat *bias* dalam sistem pengukuran dari ketiga pengamatan. Hal ini di tunjukkan dengan plot-plot pada *Run Chart* (lihat Lampiran) yang berada di bawah nilai *reference value*. Hasil nilai Cg dan Cgk serta *p-value* dari *bias* pada ketiga pengamatan *drills test block* menunjukkan bahwa sistem pengukuran pada variabel tersebut belum mampu mengukur *part* secara konsisten dan akurat. Sehingga perlu adanya perbaikan terhadap sistem pengukuran pada variabel tersebut.

Tabel 4.3 Gauge R&R Tipe I untuk Inspektor pada *Drills Test Block 752 VHN*

Variabel Pengamatan Drills Test Block 752 VHN			
	Inspektor 1	Inspektor 2	Inspektor 3
Cg	2.89	1.04	4.20
Cgk	2.22	0.04	4.05
(P-value)	0.000	0.000	0.113

Berdasarkan Tabel 4.2 variabel pengamatan pertama yaitu *drills test block 752 VHN* diindikasikan memiliki sistem pengukuran yang belum mampu mengukur *part* atau produk dengan baik, sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut

terhadap setiap inspektor yang melakukan pengukuran pada variabel pengamatan pertama.

Pada Tabel 4.3 ketiga inspektor memberikan nilai C_g dan C_{gk} yang bervariasi, dimana inspektor 1 dan inspektor 3 memberikan nilai C_g dan C_{gk} lebih besar dari 1,33 sedangkan inspektor kedua nilai C_g kurang dari 1,33 dan nilai C_{gk} hampir mendekati 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi hasil pengukuran inspektor 1 dan 3 kecil sedangkan untuk inspektor 2 mempunyai variasi yang besar. Selain itu, nilai p -value dari *bias* setiap inspektor menunjukkan bahwa hasil pengukuran terdapat *bias* pada inspektor 1 dan inspektor 2 sedangkan inspektor 3 tidak terdapat bias.

Tabel 4.4 Gauge R&R Tipe I untuk Inspektor pada *Drills Test Block 758 VHN*

Variabel Pengamatan <i>Drills Test Block 758 VHN</i>			
	Inspektor 1	Inspektor 2	Inspektor 3
C_g	2.99	0.56	7.28
C_{gk}	2.37	0.07	6.94
(P-value)	0.000	0.000	0.001

Berdasarkan Tabel 4.2 variabel pengamatan pertama yaitu *drills test block 758 VHN* diindikasikan memiliki sistem pengukuran yang belum mampu mengukur *part* atau produk dengan baik, sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap setiap inspektor yang melakukan pengukuran pada variabel pengamatan pertama.

Pada Tabel 4.4 ketiga inspektor memberikan nilai C_g dan C_{gk} yang bervariasi, dimana inspektor 1 dan inspektor 3 memberikan nilai C_g dan C_{gk} lebih besar dari 1,33 sedangkan inspektor kedua nilai C_g kurang dari 1,33 dan nilai C_{gk} hampir mendekati 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi hasil pengukuran inspektor 1 dan 3 kecil sedangkan untuk inspektor 2 mempunyai variasi yang besar. Selain itu, nilai p -value dari *bias* setiap inspektor menunjukkan bahwa hasil pengukuran terdapat bias pada inspektor 1, inspektor 2 dan inspektor 3.

Tabel 4.5 Gauge R&R Tipe I untuk Inspektor pada *Drills Test Block* 810 VHN

	Variabel Pengamatan <i>Drills Test Block</i> 758 VHN		
	Inspektor 1	Inspektor 2	Inspektor 3
Cg	5.48	1.03	6.77
Cgk	2.59	0.06	6.76
(P-value)	0.000	0.000	0.918

Berdasarkan Tabel 4.2 variabel pengamatan pertama yaitu *drills test block* 810 VHN diindikasikan memiliki sistem pengukuran yang belum mampu mengukur *part* atau produk dengan baik, sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap setiap inspektor yang melakukan pengukuran pada variabel pengamatan pertama.

Pada Tabel 4.5 ketiga inspektor memberikan nilai *Cg* dan *Cgk* yang bervariasi, dimana inspektor 1 dan inspektor 3 memberikan nilai *Cg* dan *Cgk* lebih besar dari 1,33 sedangkan inspektor kedua nilai *Cg* kurang dari 1,33 dan nilai *Cgk* hampir mendekati 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi hasil pengukuran inspektor 1 dan 3 kecil sedangkan untuk inspektor 2 mempunyai variasi yang besar. Selain itu, nilai *p-value* dari *bias* setiap inspektor menunjukkan bahwa hasil pengukuran terdapat *bias* pada inspektor 1 dan inspektor 2 sedangkan inspektor 3 tidak terdapat *bias*.

Hasil analisis diatas menunjukkan bahwa analisis terhadap pengukuran setiap inspektor memberikan kesimpulan bahwa inspektor 1 dan inspektor 3 dalam sistem pengukuran kekerasan logam pada produk *drills test block* menggunakan alat *Vickers hardness tester* sudah mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat dan presisi yang konsisten dimana hasil pengukuran sesuai kalibrasi. Hasil pengukuran yang didapatkan oleh inspektor 2 mempunyai akurasi yang sangat rendah walaupun nilai presisi cukup bagus dimana dapat diketahui dari *run chart* (lihat lampiran) bahwa plot-plot hasil pengukuran banyak terdapat di luar batas toleransi. Sehingga perlu adanya *upgrading* atau

pelatihan mengenai teknik pengukuran terhadap inspektor tersebut, supaya nilai C_g dan C_{gk} semakin besar.

4.2.2 MSA Tipe II

MSA tipe II digunakan untuk mengestimasi bagaimana *varians* proses yang disebabkan dari sistem pengukuran. Analisis ini memberikan nilai perbandingan antar *varians* dari sistem pengukuran dengan *total varians proses*. Menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) untuk mengambil keputusan mengenai kondisi *measurement system* apakah sudah *acceptable* atau tidak.

Analisis menggunakan data hasil eksperimen desain faktorial pada lampiran 2 didapatkan hasil *analysis of variance* pada Tabel 4.1, dimana Tabel ANOVA dianggap telah memenuhi asumsi IIDN ($0, \sigma^2$). Sehingga dapat dilanjutkan untuk menganalisis sistem pengukuran menggunakan persamaan (2.18) sampai (2.25) sehingga di dapatkan hasil analisis pada lampiran 5 serta hasil dirangkum pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

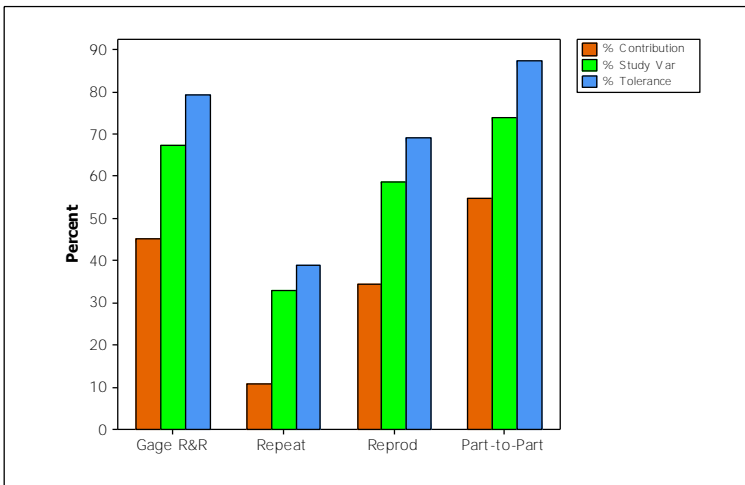
Tabel 4.6 Gauge R&R II Pada Hasil Pengukuran *Vickers hardness tester*

Source	Var Component	% Contribution of Varcomp
Total		
Gauge R&R	700.74	45.30
Repeatability	167.21	10.81
Reproducibility	533.53	34.49
Inspektor	514.18	33.24
Inspektor*drills	19.35	1.25
Part to Part	846.18	54.70
Total variation	1546.92	100.00
<i>Number of Distinc Categories = 1</i>		

berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui nilai *percent contribution of varians component* sebesar 45,30% padahal *Measurement System* dikatakan *unacceptable* jika nilai % *contribution variation Gauge R&R* lebih dari sama dengan 9%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem pengukuran *unacceptable* serta pada kondisi ini perlu adanya perbaikan. Serta

dilihat dari nilai *varians component repeatability* dan *reproducibility* masing-masing sebesar 10,81 dan 34,49 nilai tersebut menjelaskan bahwa *varians error* hasil pengukuran yang disebabkan oleh alat ukur menyumbang 10,81% dan *varians error* yang disebabkan oleh inspektor dan interaksi sebesar 34,49%.

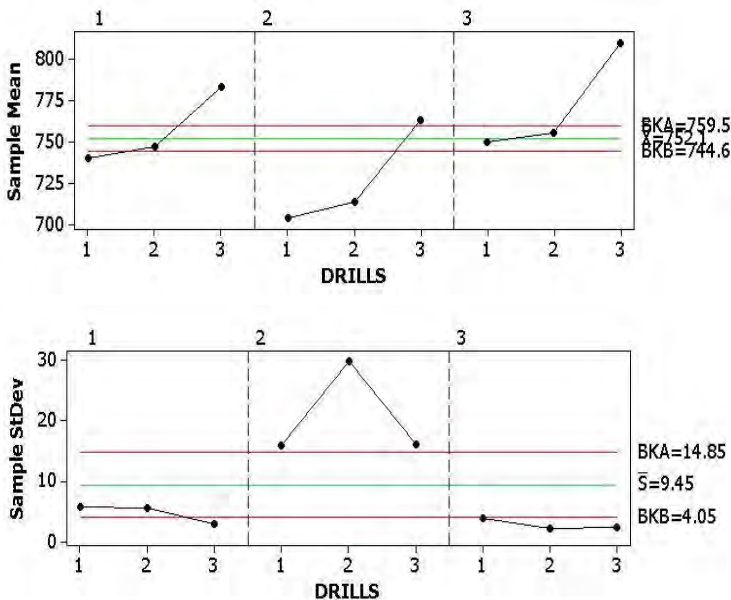
Diperoleh nilai *number of distinct categories* menggunakan formula pada persamaan (2.26) sebesar 1 dimana nilai tersebut kurang dari 5, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem pengukuran yang dilakukan tidak dapat diterima (*unacceptable*). *Number distinct of categories* menunjukkan rentang dari *varians* alat ukur dimana terdapat 3 jenis *drills test block* dengan teraf level berbeda yang diukur menggunakan *Vickers hardness tester* dan didapatkan nilai kurang dari 5 sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga *drills test block* tidak dapat dilakukan pengukuran dengan baik menggunakan alat ukur *vickers hardness tester*.



Gambar 4.4 Gauge R&R Grafik Variasi Komponen.

Gambar 4.4 merupakan Gambaran visual dari hasil analisis *gauge R&R* (ANOVA) dimana terdapat tiga diagram batang yang

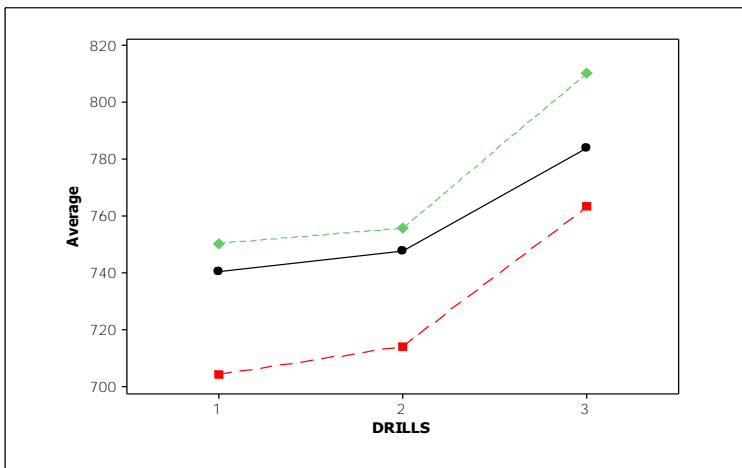
menunjukkan *%contribution varians*, *%study varians* dan *%tolerance*. Sistem pengukuran dikatakan baik apabila komponen terbesar dari variasi adalah *part to part* dan sebaliknya maka sistem pengukuran perlu dilakukan perbaikan. Secara visual terlihat bahwa sistem pengukuran perlu dilakukan perbaikan, dimana terlihat *%contribution varians gauge R&R* yang tinggi. hal ini disebabkan karena besar variasi dari *variens repeatability* dan *reproducibility* selain itu juga persent *study varians part to part* juga tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa *measurement system unacceptable*.



Gambar 4.5 Gauge R&R Grafik \bar{x} (Atas) Dan Grafik \bar{s} (Bawah)

Berdasarkan Gambar 4.5 memberikan penjelasan bahwa grafik \bar{s} chart dimana plot-plot antara inspektor 1, inspektor 2 dan inspektor 3 mempunyai pola berbeda ini mengindikasikan bahwa inspektor menghasilkan varians pengukuran yang besar

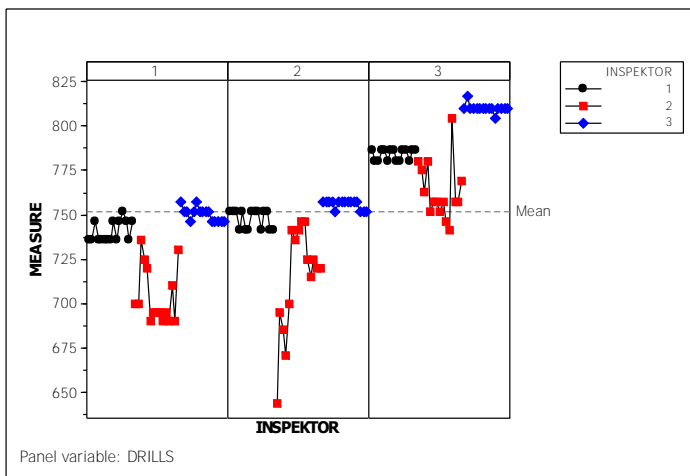
selain itu hasil pengukuran inspektor 1 terdapat satu plot (rata-rata inspeksi *drills* jenis 810 VHN) keluar dari batas spesifikasi sedangkan hasil penngukuran oleh inspektor 2 pada ketiga jenis *drills* keluar dari batas spesifikasi dan inspektor 3 terdapat dua plot keluar dari batas. berdasarkan \bar{x} chart plot-plot grafik didapatkan dari *mean* masing-masing hasil pengukuran jenis *drills test block* serta garis tengah merupakan rata-rata keseluruhan untuk semua *drills test block*. Batas spesifikasi atas (BSA) dan batas spesifikasi bawah (BSB) merupakan *varians* alat ukur *repeatability*. Banyaknya plot-plot yang keluar dari batas kendali memberikan Gambaran bahwa nilai *reproducibility* (inspektor dan interaksi) memberikan nilai *varians* yang besar.



Gambar 4.6 Gauge R&R Grafik Interaksi Inspektor Vs Drills

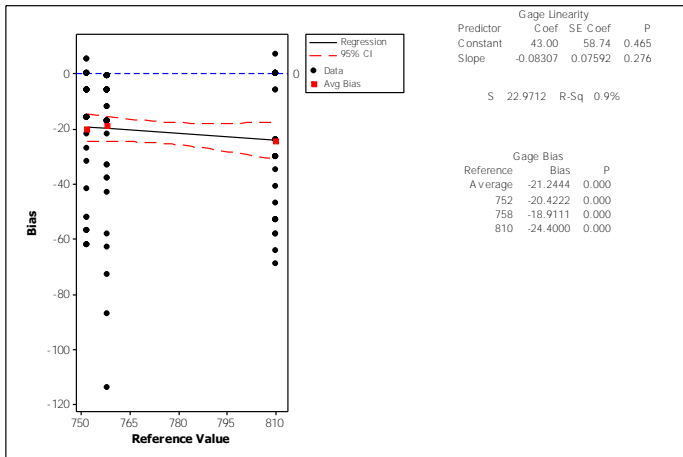
Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa interaksi antara inspektor dan *drills* ditampilkan pada plot rata-rata dari hasil pengukuran kekerasan logam *drills test block* oleh masing-masing inspektor untuk setiap level *drills test block*. Dari hasil tersebut garis penghubung plot saling berjauhan sehingga diindikasikan bahwa setiap inspektor mengukur dengan hasil yang jauh berbeda.

Berdasarkan Gambar 4.7 diketahui bahwa terdapat 3 hasil pengukuran yang dilakukan oleh tiga orang inspektor, pada hasil pengukuran yang dilakukan oleh inspektor 2 dapat terlihat bahwa dalam mengukur 3 level *drills* menghasilkan nilai pengukuran yang random dan jauh dari batas spesifikasi yang telah ditentukan. Pengukuran yang *outlier* (keluar dari batas spesifikasi) tersebut sangat kontras dibandingkan dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh inspektor 1 dan inspektor 3. Sedangkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh inspektor 1 dan inspektor 3 menghasilkan nilai pengukuran yang tidak random.



Gambar 4.7 Gauge Run Chart Hasil Pengukuran Vickers Hardness Tester

Pengukuran linieritas dan bias dilakukan untuk mengetahui bagaimana bias hasil pengukuran kekerasan logam *drills test block* menggunakan alat ukur *vickers hardness tester* yang dilihat dari perbedaan antara nilai pengukuran oleh inspektor dan nilai kalibrasi atau *reference value*. Gauge linieritas dan bias merupakan sifat linier dari alat yang dapat diketahui dari nilai bias. Pengukuran *linieritas* dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengukuran memiliki tingkat akurasi yang sama.



Gambar 4.8 *Gauge Linierity Dan Bias Hasil Pengukuran Vickers Hardness Tester*

Berdasarkan Gambar 4.8 secara visual dapat diketahui nilai bias dan *linieritas* hasil pengukuran dari plot-plot hasil pengukuran *drills test block*, bahwa terdapat nilai bias karena plot menyebar jauh tidak saling berhimpitan. Selain secara visual nilai *linieritas* dan bias dapat diketahui diketahui dari *p-value slope* yang keseluruhan hasil pengukuran *vickers hardness tester* yang tidak signifikan. Nilai *p-value* untuk rata-rata bias masing-masing level *drills test block* sebesar 0,000 dengan demikian *measurement system* pada 3 jenis *drills* yang diukur kekerasan logamnya dengan alat *vickers hardness tester* adalah signifikan bias.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan terhadap hasil pengukuran *drill test block* menggunakan *vickers hardness tester* maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut

1. *Hasil analisis of variance* (ANOVA) menunjukkan bahwa
 - a. faktor *drill test block*, faktor inspektor dan faktor interaksi memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran
 - b. inspektor 1, inspektor 2 dan inspektor 3 memiliki kemampuan yang berbeda.
2. *Gauge R&R* menghasilkan kesimpulan bahwa sistem pengukuran (*measurement system*) di PT Jaykay Files Indonesia tidak diterima (*unacceptable*).

5.2 Saran

Hasil analisis dan pembahasan diketahui bahwa sistem pengukuran di PT Jaykay Files Indonesia *unacceptable*. Hal ini disebabkan karena data hasil pengukuran tidak baik. Oleh karena itu diharapkan pihak perusahaan dapat memperbaiki kualitas data dengan melakukan kecukupan unit pengukuran sehingga dapat memenuhi asumsi penelitian dan sistem pengukuran dapat diterima. Selain itu perlu dilakukan peningkatan terhadap kemampuan inspektor dalam melakukan inspeksi pengukuran. Perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan pelatihan yang berkaitan mengenai teknik pengukuran produk.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Akbar, A., Akram, M., Ullah, M.A. (2012). *Measurement System Analysis for Yarn Strength Spinning Processes*. International Research Journal of Finance and Economics, 131-141.
- Brook, Q. (2004). *Six Sigma and MINITAB – A Tool Box Guide for Managers, Black Belts, and Green Belts*. London: QSB Consulting Ltd.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistika Nonparametrik Terapan*. Alex Tri Kantjono W. (Trans.). Jakarta: Penerbit PT. Gramedia (Buku asli diterbitkan pada 1978).
- Dewi, N.P.W. (2013). *Measurement System Analysis Repeatability dan Reproducibility (Gauge R&R)* Studi Kasus : PT. Gaya Motor (Astra Group). Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS
- Ford Motor Company (2010). *Measurement system analysis* (4nd). Detroit: MI : Automotive Industry Action Group.
- Jaykay Files Indonesia. (2016). *Company Profile Jaykay Files Indonesia*. Sidoarjo Gedangan Indonesia : PT Jaykay Files Indonesia
- Joglekar, A. M. (2003). *Statistical Method for Six Sigma in R&D and Manufacturing*. Canada: John Wiley & Sons. Inc
- Lim, T. S., & Loh, W. Y. (1996). A Comparison of Test of Equality of Variasices. *Computational Statistics & Data* 22, 287-301.
- Minitab. (2010). *Gage Studies for Continuous Data*. Minitab Inc,
- Montgomery, D. C. (2005). *Design and Analysis of Experiments* (5th ed.). New York: John Wiley & Sons.

- Pan, J.N. (2004). *Determination of The Optimal Allocation of Parameters for gauge Repeatability and reproducibility Study*. International Journal of Quality & Reliability Management, 672-682.
- Pramitasari, L.M. (2013). Penerapan *Measurement System Analysis Univariat dan Bivariat Proses Oriented Basis Representation* Pada Pengukuran Gap Antar Tube di PT ALSTOM Power ESI

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Inspeksi pengukuran kekerasan logam produk *drill test block* menggunakan alat *vickers hardness tester*.

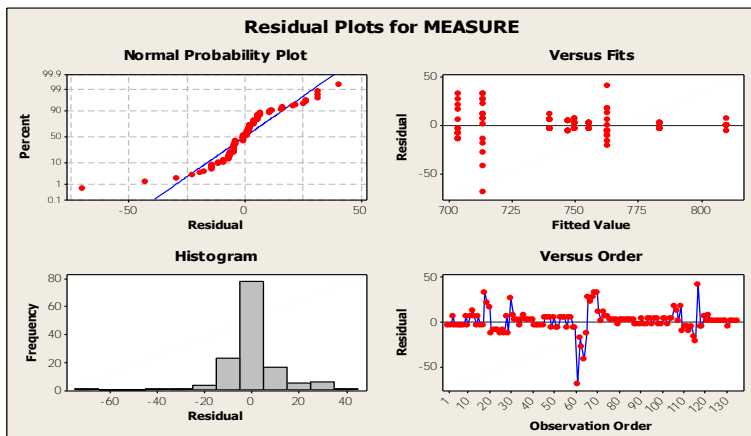
INSPEKTOR	DRILLS TEST BLOCK		
	1 (752 VHN)	2(758 VHN)	3(810 VHN)
1 (Heny Wahjono)	736,736,746,	752,752,752,	786,780,780,
	736,736,736,	741,752,741,	786,786,780,
	736,736,746,	741,752,752,	786,786,780,
	736,746,752,	752,741,752,	780,786,786,
	746,736,746	752,741,741	780,786,786
2 (Kasno)	700,700,736,	644,695,685,	780,775,763,
	725,720,690,	671,700,741,	780,752,757,
	695,695,695,	736,741,746,	757,752,757,
	690,695,690,	746,725,715,	746,741,804,
	710,690,730	725,720,720	757,757,769
3 (Imam Sukri)	757,752,752,	757,757,757,	810,817,810,
	746,752,757,	757,752,757,	810,810,810,
	752,752,752,	757,757,757,	810,810,810,
	752,746,746,	757,757,757	810,804,810,
	746,746,746	,575,752,752	810,810,810

Source	DF	SS	MS	F	P
INSPEKTOR	2	47191	23595.5	141.11	0.000
DRILLS	2	77072	38535.8	230.46	0.000
Interaction	4	1830	457.5	2.74	0.032
Error	126	21069	167.2		
Total	134	147161			

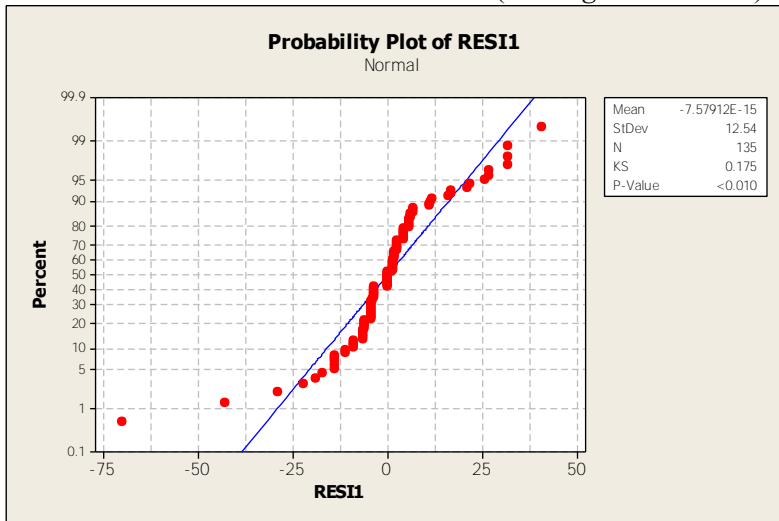
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

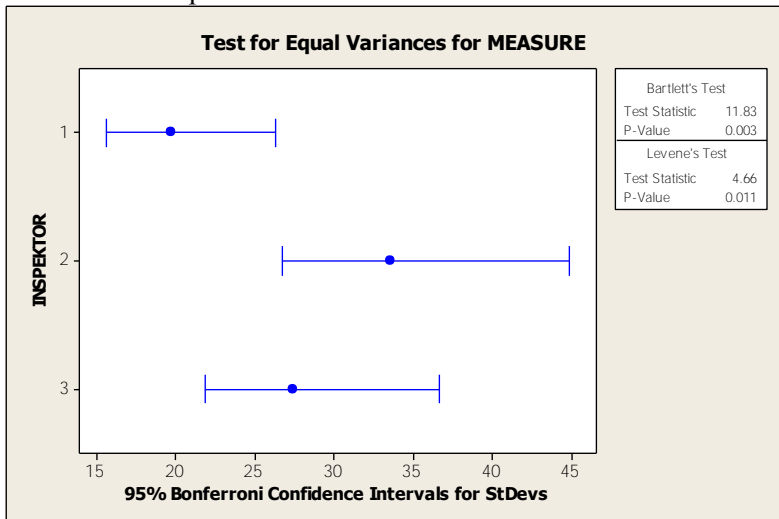
DRILLS	Mean	-----+-----+-----+-----+-----
1	731.578	(-*-)
2	739.089	(-*-)
3	785.600	(-*-)
		-----+-----+-----+-----+-----
		736 752 768 784



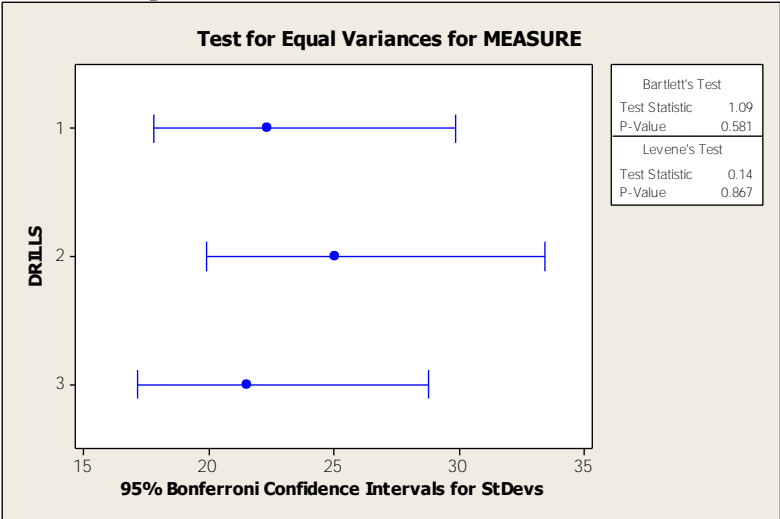
Hasil Analisis asumsi distribusi normal (*Kolmogorov smirnov*)



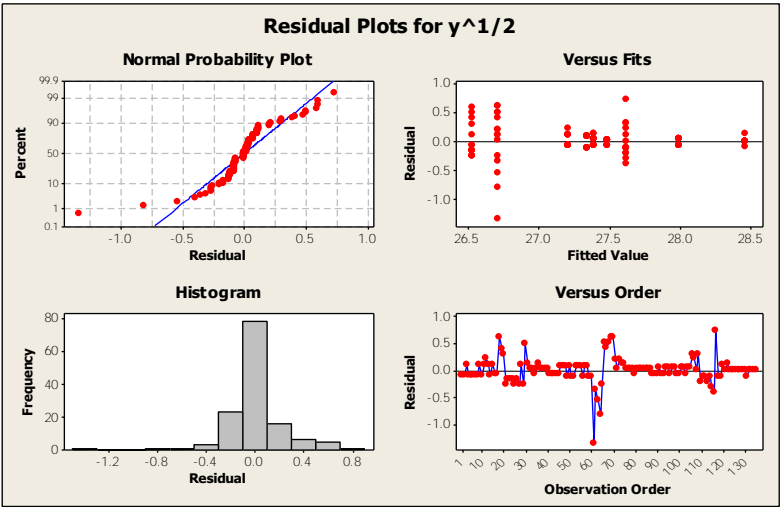
Uji *levene test* untuk residual yang dikelompokkan berdasarkan inspector.



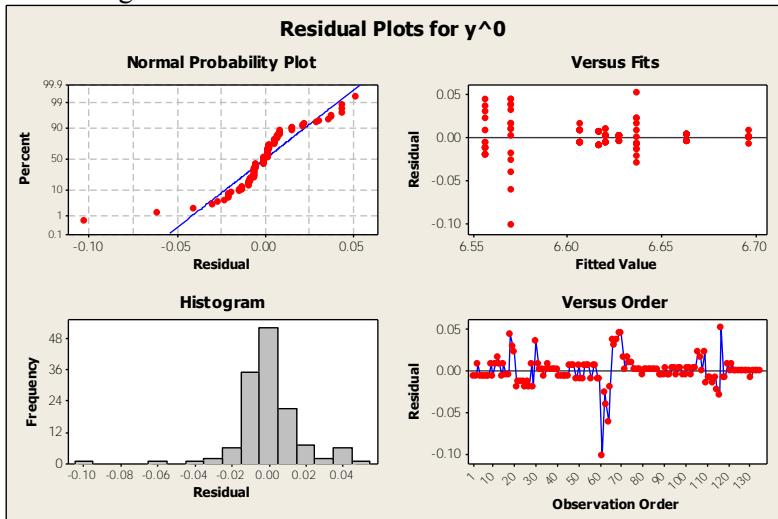
Uji *levене test* untuk residual yang dikelompokkan berdasarkan produk *drills test block*.



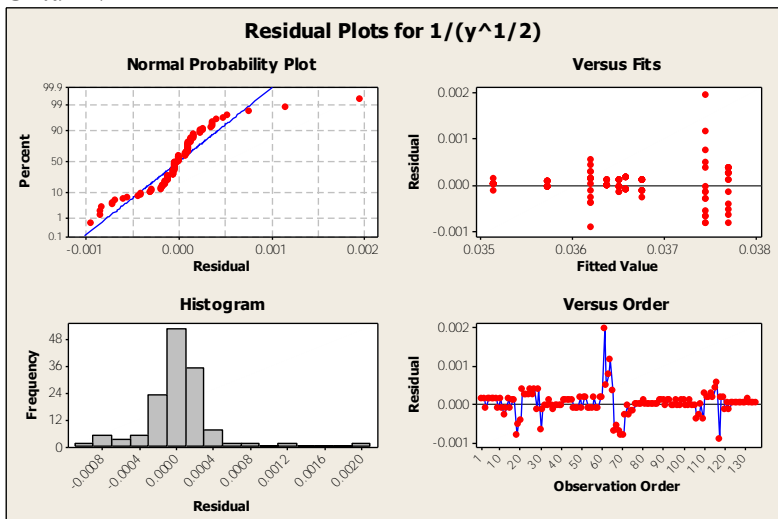
Lampiran 3. Hasil *Residual plot* transformasi data Untuk $Y^{0.05}$



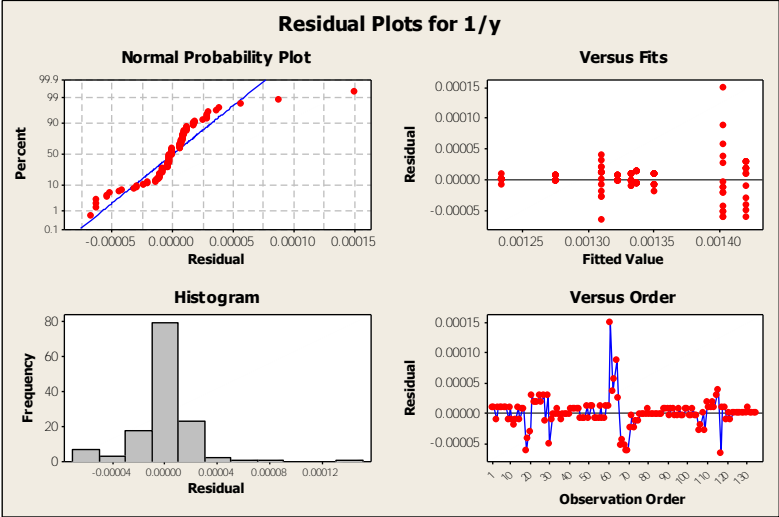
Untuk Log Y



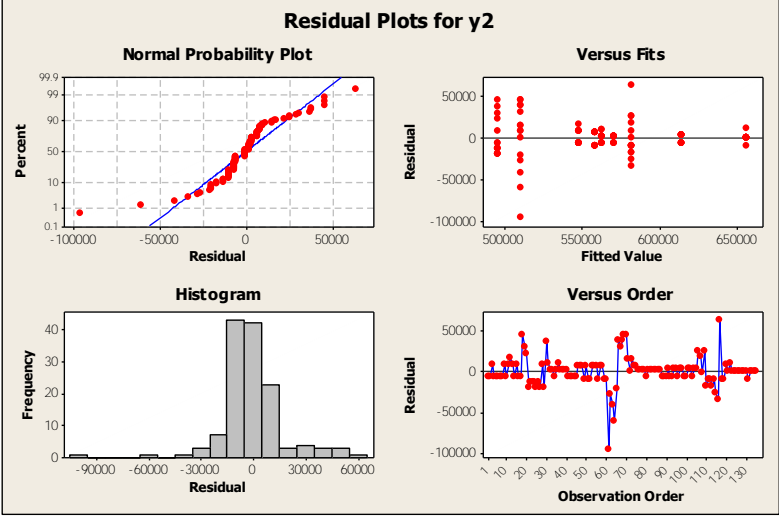
Untuk $1/Y^{0.05}$



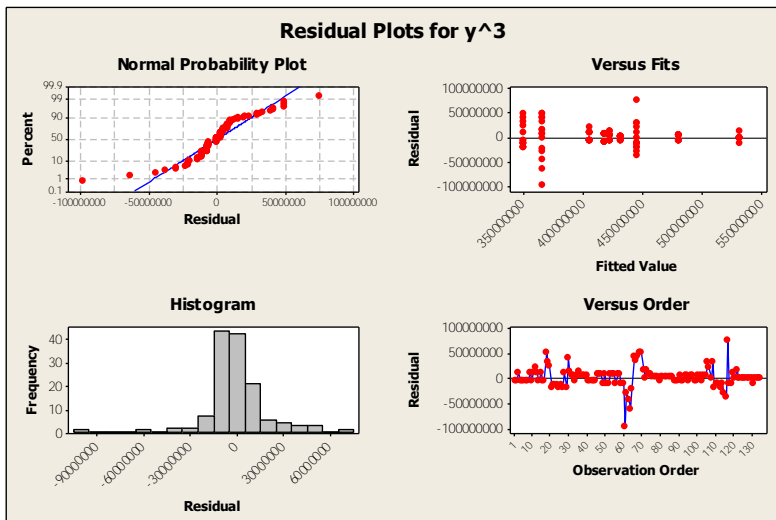
Untuk $1/Y$



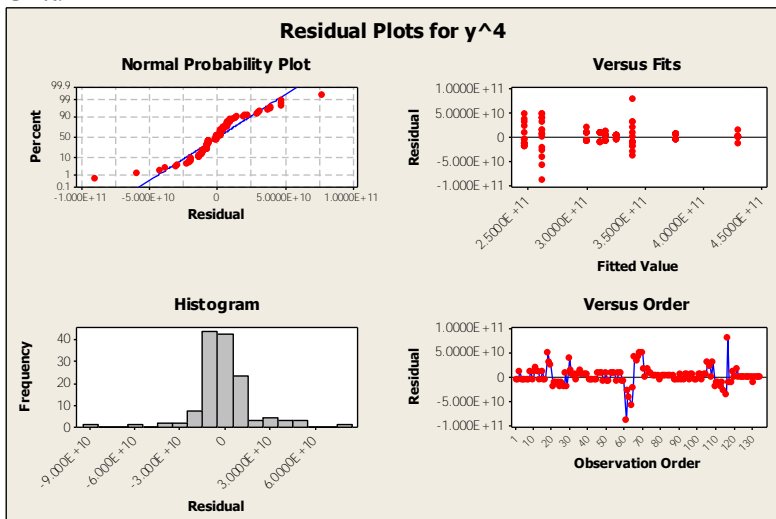
Untuk Y^2



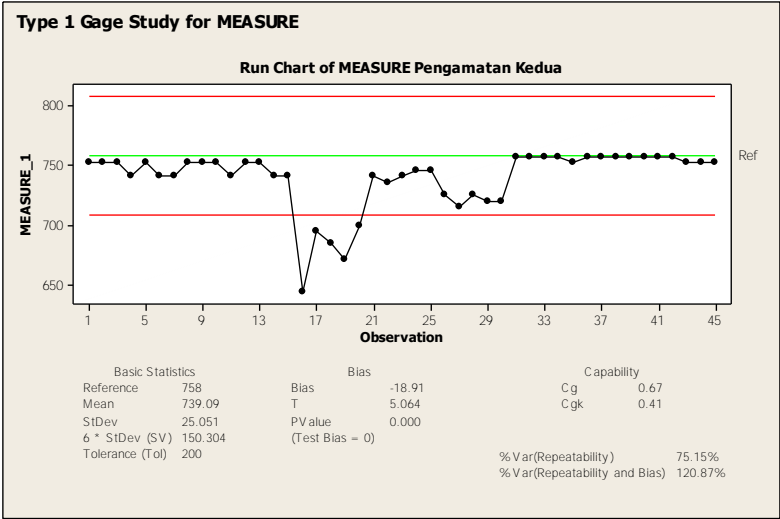
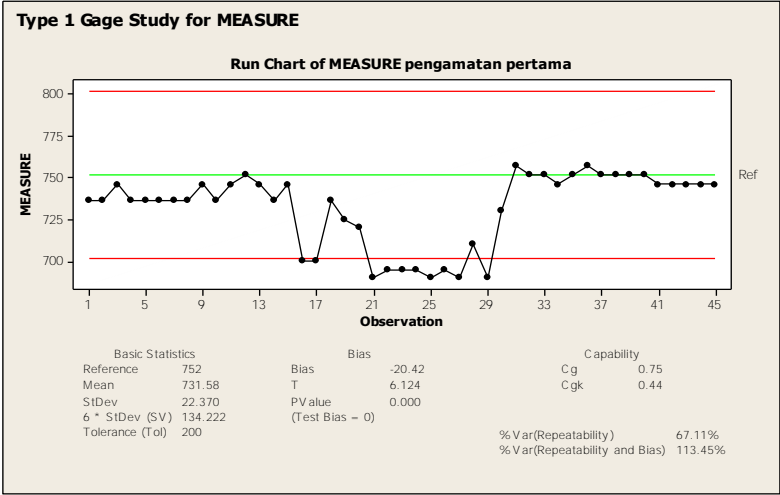
Untuk Y^3



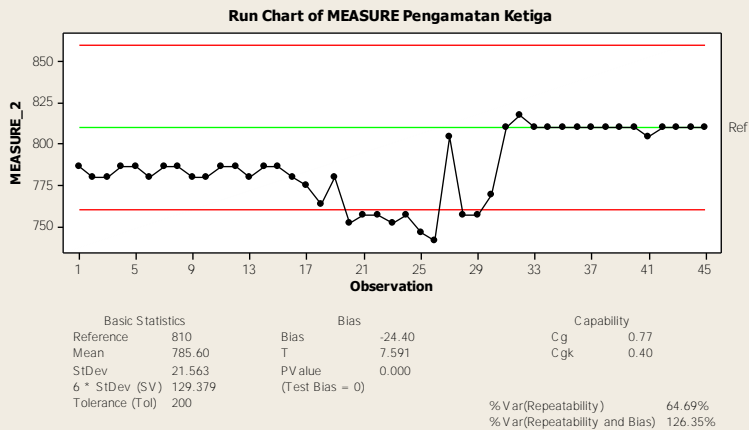
Untuk Y^4



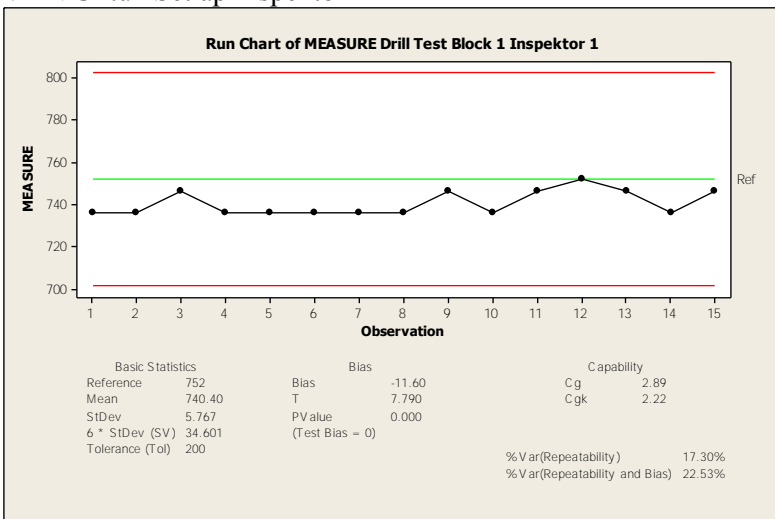
Lampiran 4. Hasil Analisis Gauge R&R Pada Produk Drills Test Block

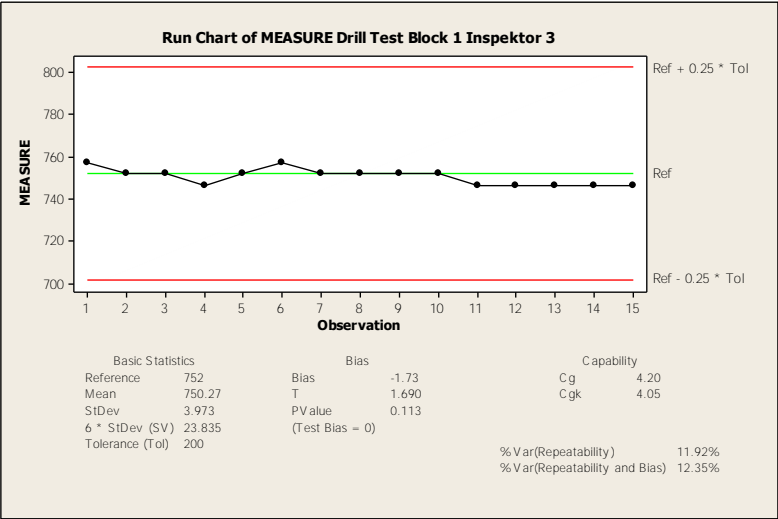
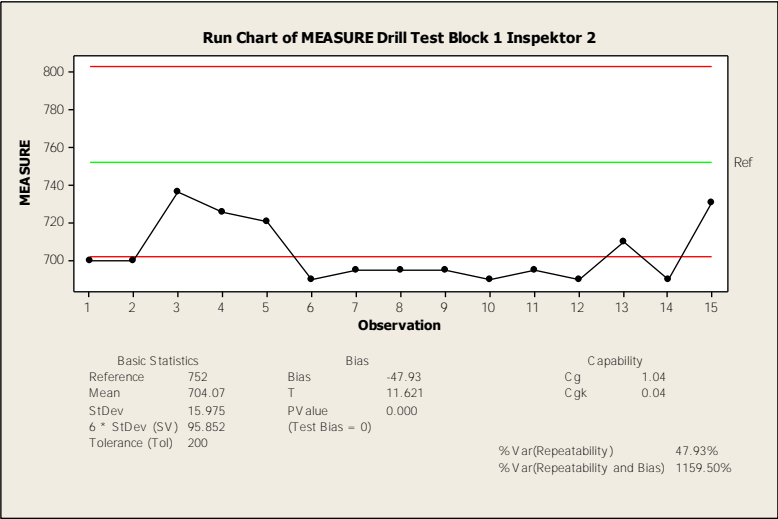


Type 1 Gage Study for MEASURE

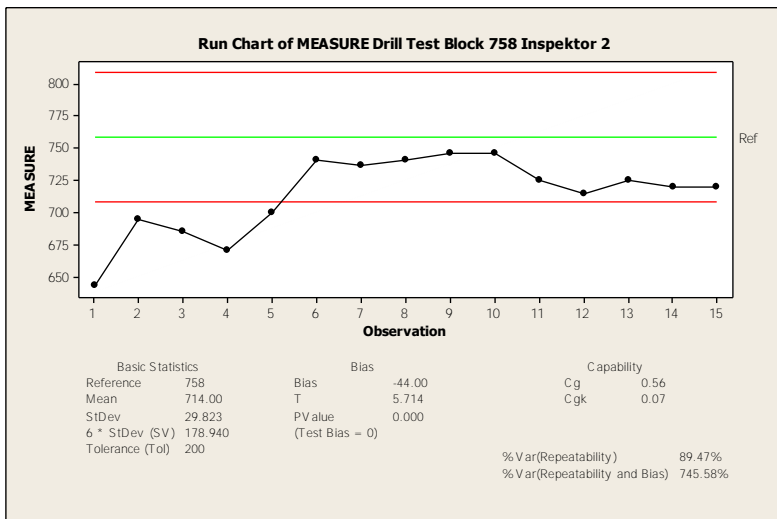
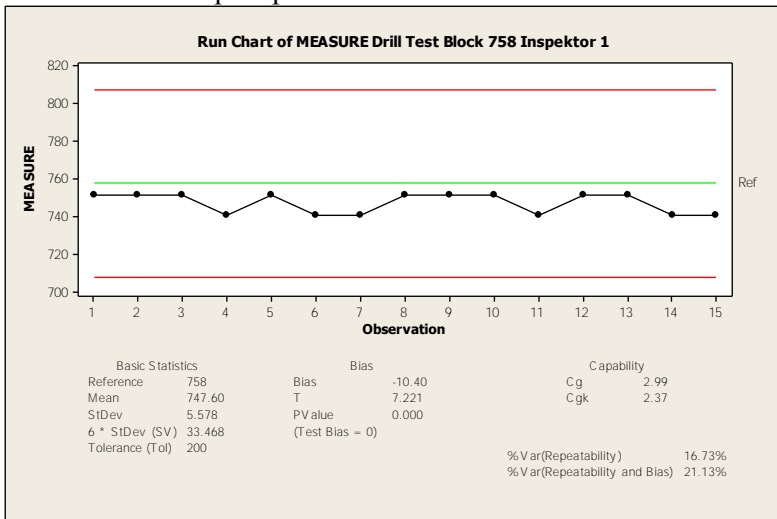


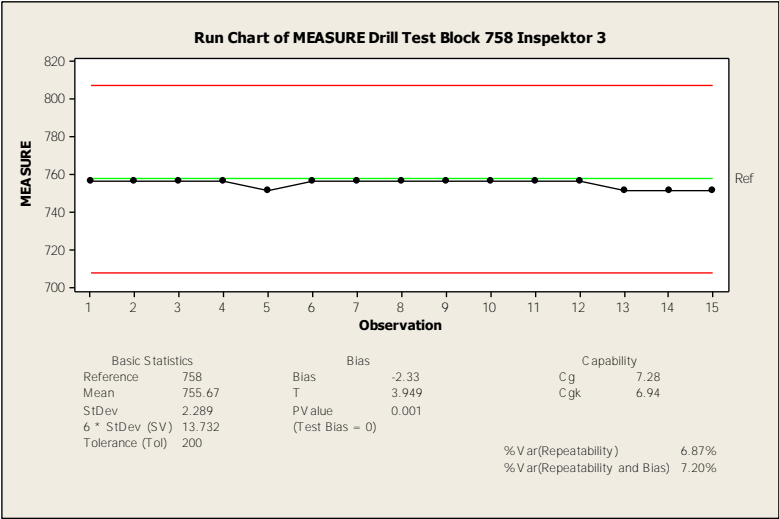
Hasil Analisis *Gauge R&R* Pada Produk *Drills Test Block 752 VHN* Untuk Setiap Inspektor



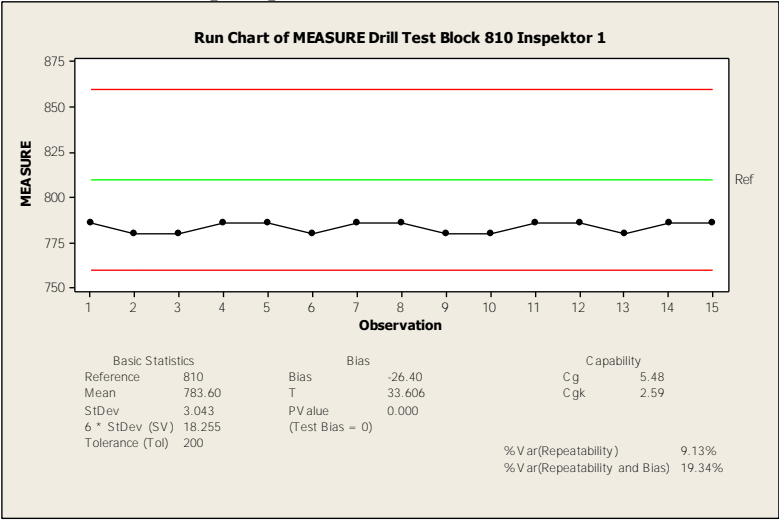


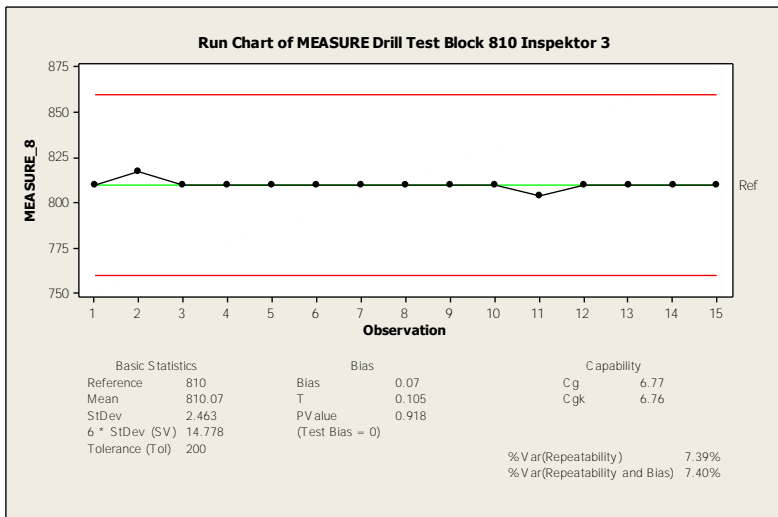
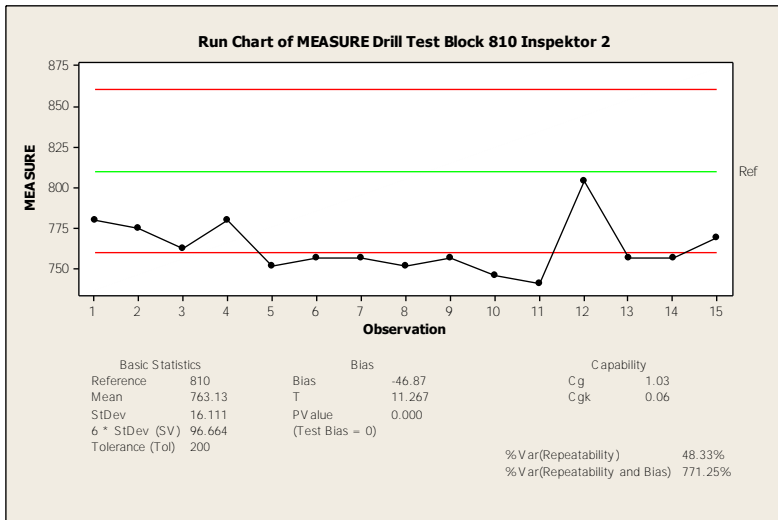
Hasil Analisis *Gauge R&R* Pada Produk *Drills Test Block 758* VHN Untuk Setiap Inspektor





Hasil Analisis *Gauge R&R* Pada Produk *Drills Test Block 810* VHN Untuk Setiap Inspektor





Lampiran 5. Hasil Analisis *Gauge R&R Tipe II* Pada Produk *Drills Test Block*

Gage R&R

Source	VarComp	95% CI	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	700.74	(316.948, 20887.460)	45.30
Repeatability	167.21	(132.539, 217.602)	10.81
Reproducibility	533.53	(144.697, 20719.944)	34.49
INSPEKTOR	514.18	(137.877, 20698.111)	33.24
INSPEKTOR*DRILLS	19.35	(0.000, 240.481)	1.25
Part-To-Part	846.18	(230.655, 33811.664)	54.70
Total Variation	1546.92	(814.256, 40203.809)	100.00

Source	95% CI
Total Gage R&R	(2.19, 96.05)
Repeatability	(0.42, 23.77)
Reproducibility	(1.57, 95.06)
INSPEKTOR	(1.51, 94.96)
INSPEKTOR*DRILLS	(0.04, 15.48)
Part-To-Part	(3.95, 97.81)
Total Variation	

Process tolerance = 200

Source	StdDev (SD)	95% CI	Study Var (6 * SD)
Total Gage R&R	26.4715	(17.803, 144.525)	158.829
Repeatability	12.9310	(11.513, 14.751)	77.586
Reproducibility	23.0982	(12.029, 143.944)	138.589
INSPEKTOR	22.6755	(11.742, 143.868)	136.053
INSPEKTOR*DRILLS	4.3988	(0.000, 15.507)	26.393
Part-To-Part	29.0892	(15.187, 183.879)	174.535
Total Variation	39.3310	(28.535, 200.509)	235.986

Source	95% CI	%Study Var (%SV)	95% CI
Total Gage R&R	(106.818, 867.150)	67.30	(14.78, 98.00)
Repeatability	(69.075, 88.508)	32.88	(6.48, 48.76)
Reproducibility	(72.174, 863.665)	58.73	(12.53, 97.50)
INSPEKTOR	(70.453, 863.210)	57.65	(12.30, 97.45)
INSPEKTOR*DRILLS	(0.000, 93.045)	11.18	(1.96, 39.35)
Part-To-Part	(91.124, 1103.277)	73.96	(19.88, 98.90)
Total Variation	(171.211, 1203.053)	100.00	

Source	%Tolerance (SV/Toler)	95% CI
Total Gage R&R	79.41	(53.41, 433.57)
Repeatability	38.79	(34.54, 44.25)
Reproducibility	69.29	(36.09, 431.83)
INSPEKTOR	68.03	(35.23, 431.61)
INSPEKTOR*DRILLS	13.20	(0.00, 46.52)
Part-To-Part	87.27	(45.56, 551.64)
Total Variation	117.99	(85.61, 601.53)

Number of Distinct Categories = 1

95% CI = (0.286935, 9.46028)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Madiun pada tanggal 08 Juli 1993 sebagai anak kedelapan dari sembilan bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Jalan Raya Kebonsari Kedondong 16/06 Kebonsari Madiun. Penulis telah menempuh pendidikan formal MAN Kembangawit. Setelah lulus dari Madrasah, penulis melanjutkan studinya di Diploma III Jurusan

Statistka FMIPA ITS Surabaya melalui jalur Seleksi Masuk ITS (SMITS) pada tahun 2011. Setelah lulus dari DIII Statistika penulis melanjutkan jenjang pendidikan S1 Statistika 2014. Selama perkuliahan penulis sangat aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan di KM ITS. Penulis pernah bergabung dalam organisasi kemahasiswaan. Pelatihan yang pernah diikuti penulis diantaranya LKMM PRA TD FMIPA ITS, LKMM TD Untuk kritik dan saran dapat dikirim melalui email penulis budiantono.sigit08@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)